



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil

“Efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

Myrtha Esther Carranza Manzanares de Ruiz (ORCID: 0000-0003-4986-7935)

ASESORES:

Mg. Luis Alberto Horna Araujo (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

Mg. Leopoldo Gutiérrez Vargas (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO - PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi querida familia: Genesis, Héctor y Carlos por ser mis cómplices durante este reto.

A Esther y Wilson mis amados padres, por su confianza y amor.

A Yuli, Wilson, Carlos, Hoover y Katy mis queridos hermanos.

Agradecimiento

Querido Dios te agradezco infinitamente porque me has dado la fuerza suficiente para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A los amores de mi vida Génesis y Héctor porque me regalaron su tiempo y amor para dedicarlo a esta aventura, a mi esposo Carlos por su gran apoyo cada momento.

A mis amados padres Wilson y Esther por estar presentes para mí y hacerme agradable el reto de culminar la carrera; gracias queridos hermanos por la expectativa que generaron en mí fortaleciendo más el deseo de estudiar.

A la universidad Cesar Vallejo y a la plana docente, en especial a mis asesores que supieron motivarme en cada instante fortaleciendo mis conocimientos y mi formación profesional.

Myrtha Esther

Página del jurado


Declaratoria de Autenticidad

Yo, Myrtha Esther Carranza Manzanares de Ruiz, identificada con DNI N° 18193966, a efecto de dar cumplimiento con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que la documentación adjuntada en el presente trabajo de investigación posee autenticidad y veracidad.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 02 de Junio del 2020



Myrtha E. Carranza Manzanares

Presentación

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada **“Efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título de Ingeniera Civil.

Myrtha Esther

Índice

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Presentación.....	vi
Índice	vii
Resumen	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Trabajos previos	2
1.2.1 Internacional.....	2
1.2.2 Nacional	4
1.2.3 Locales	5
1.3 Teorías relacionadas al tema	7
1.3.1 Asfalto modificado.....	7
1.3.2 Polímeros.....	8
1.3.2.1 Polímeros que se utilizan para modificar el asfalto	8
1.3.3. Asfalto	9
1.3.4 Concreto asfáltico.....	11
1.4 Formulación del problema	12
1.5 Justificación del estudio	12
1.6 Hipótesis.....	12
1.7 Objetivos	13
1.7.1 General	13
1.7.2 Específicos	13
II. MÉTODO	14
2.1 Diseño de investigación	14
2.2 Operacionalización de variables.....	14
2.2.1 Identificación de Variables.....	14
2.3 Población y muestra	16

2.3.1	Población.....	16
2.3.2	Muestra.....	16
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	17
2.4.1	Técnica	17
2.4.2	Instrumento de recolección de datos	17
2.5	Procedimiento.....	17
2.6	Método de análisis de datos	19
2.7	Aspectos éticos	19
III.	RESULTADOS.....	20
3.1	Caracterización de los componentes para el concreto asfáltico.....	20
3.1.1	Caracterización del cemento Asfáltico	20
3.1.2	Caracterización del agregado grueso.....	20
3.1.3	Caracterización del agregado fino.....	21
3.2	Ensayo de estabilidad Marshall para concreto asfáltico convencional	22
3.3	Ensayo de estabilidad Marshall para concreto asfáltico modificado	28
IV.	DISCUSIÓN	33
V.	CONCLUSIONES.....	36
VI.	RECOMENDACIONES.....	37
VII.	REFERENCIAS	38
VIII.	ANEXOS	40
8.1	Matriz de consistencia: Efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico	41
8.2	Ensayos realizados	42
8.3	Panel fotográfico	65
8.4	Cálculos para diseño de concreto asfáltico	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-	Operacionalización de la variable.....	15
Tabla 2.-	Número de probetas para ensayo Marshall del concreto asfáltico convencional	15
Tabla 3.-	Número de probetas para ensayo Marshall del concreto asfáltico modificado.....	16
Tabla 4.-	Ensayos al cemento asfáltico PEN 60/70	20

Tabla 5.- Detalle de ensayos realizados al agregado grueso.....	20
Tabla 6.- Detalle de ensayos realizados al agregado fino.	21
Tabla 7.- Granulometría de la mezcla resultante de los agregados.....	22
Tabla 8.- Pesos para elaboración de probetas de concreto asfáltico convencional....	23
Tabla 9.-Resultados ensayo Marshall para concreto asfáltico convencional.....	24
Tabla 10.-Resumen de resultados del ensayo Marshall para Concreto asfáltico convencional con diferentes porcentajes de asfalto	25
Tabla 11.-Resultados Marshall para un porcentaje de vacíos de 4%	27
Tabla 12.- Pesos de cada material del concreto asfáltico modificado.....	28
Tabla 13.- Resultados ensayo Marshall para concreto asfáltico modificado	29
Tabla 14.-Resumen de resultados del ensayo Marshall para Concreto asfáltico modificado con diferentes porcentajes de polímero EVA	30
Tabla 15.- Resultados Marshall para un porcentaje de vacíos de 4%	32
Tabla 16.- Cuadro comparativo entre concreto asfáltico convencional y concreto asfáltico modificado con EVA	35
Tabla 17.- Matriz de consistencia, Título: Efecto del polímero etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico	41
Tabla 18.-Parámetros utilizados en el Cálculo del porcentaje de asfalto teórico por el método del Instituto del asfalto	70
Tabla 19.- Porcentaje en peso de asfalto y agregado.....	71
Tabla 20.- Porcentaje en peso de cada material	71
Tabla 21.- Peso de material del concreto asfáltico convencional	71
Tabla 22.- Porcentaje de asfalto y agregados para investigación.....	72
Tabla 23.-Peso de asfalto óptimo	72
Tabla 24.- Peso de asfalto y agregados	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Fotografía electrónica del EVA.....	9
Figura 2.- Esquema de refinación de Petróleo....	10
Figura 3.- Fenómeno de la susceptibilidad térmica de los asfaltos.....	11
Figura 4.- Diseño Experimental.....	14
Figura 5.- Ensayo de Penetración del cemento asfáltico.....	42
Figura6.- Ensayo de Abrasión	43

Figura 7.- Partículas chatas y alargadas	44
Figura 8.- Caras fracturadas	45
Figura 9.- Sales solubles totales	46
Figura 10.-Absorción	47
Figura 11.-Análisis granulométrico	48
Figura 12.-Sales solubles totales.....	49
Figura 13.-Análisis granulométrico agregado fino	50
Figura 14.-Análisis granulométrico agregado grueso	51
figura 15.- Granulometría de la mezcla resultante	52
Figura 16.-Ensayo Marshall 4.5 % de asfalto	53
Figura 17.-Ensayo Marshall 5.0 % de asfalto	54
Figura 18.-Ensayo Marshall 5.5 % de asfalto	55
Figura 19.-Ensayo Marshall 6.0 % de asfalto	56
Figura 20.-Ensayo Marshall 6.5 % de asfalto	57
Figura 21.-Ensayo Marshall 2.5 % de polímero EVA	58
Figura 22.-Ensayo Marshall 3.5 % de polímero EVA	59
Figura 23.-Ensayo Marshall 4.5 % de polímero EVA	60
Figura 24.-Ensayo Marshall 5.5 % de polímero EVA	61
Figura 25.-Ensayo Marshall 6.5 % de polímero EVA	62
Figura 26.-Especificaciones técnicas del Asfalto PEN 60/70.....	63
Figura 27.-Características del Polímero EVA.....	64
Figura 28.-Acta de aprobación de originalidad de la Tesis.....	73
Figura 29 -Reporte Turnitin	74
Figura 30.-Autorización para publicación de Tesis	75
Figura 31.-Autorización del trabajo de investigación	76

RESUMEN

La presente investigación “Efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico” fue realizada con la finalidad de evaluar la influencia que genera sobre la Estabilidad del concreto asfáltico convencional el hecho de adicionar en diferentes porcentajes el polímero Etileno vinil acetato, esta propiedad fue debidamente evaluada con los datos obtenidos del ensayo de Estabilidad Marshall; teniendo como base lo que se indica en la teoría de modificación de asfaltos con polímeros así como en los estudios previos que utilizaron modificadores que en ambos casos persigue alargar la vida útil de las mezclas asfálticas.

En el contenido de esta investigación se detalla la caracterización de los componentes que forman la mezcla asfáltica y que fueron utilizados, tales como el cemento asfáltico PEN 60/70 - PETROPERÚ; polímero EVA BBM-EVA-601 y agregados pétreos de la cantera Lekersa, ubicada en nuestra ciudad. La caracterización de los materiales y el ensayo Marshall estuvieron basados en las normas establecidas en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013.

Esta investigación corresponde al diseño experimental, en la que utilizando el método científico se ha desarrollado en forma ordenada y coherente, la población hace referencia a todas las mezclas asfálticas utilizadas en la investigación y la muestra son el número de probetas (30) que se sometieron al ensayo Marshall. Mediante la técnica de observación se tomaron los datos obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio utilizando la ficha de recolección de datos, finalmente los datos fueron procesados en tablas, gráficos y utilizando la hoja de cálculo Excel.

Luego de realizar los ensayos respectivos tanto al concreto asfáltico convencional como al concreto asfáltico modificado se obtuvieron resultados de estabilidad Marshall de 1220 kg con un porcentaje de asfalto de 5.7 % y 1310 kg con un porcentaje de 4.8 % de polímero Etileno vinil acetato respectivamente, de estos resultados se concluyó que la adición de polímero Etileno vinil acetato aumentó la estabilidad Marshall del concreto asfáltico modificado en aproximadamente 8% respecto a la estabilidad del concreto asfáltico convencional.

Palabras claves: Concreto asfáltico, Polímero Etileno vinil acetato, Estabilidad.

ABSTRACT

This investigation "Effect of polymer ethylene vinyl acetate on the stability of asphalt concrete" was carried out with the purpose of evaluating the influence that the fact of adding in different percentages the Ethylene vinyl acetate polymer generates on the Stability of conventional asphalt concrete, this property was evaluated with the data obtained from the Marshall Stability test; having as base what is indicated in the theory of modification of asphalts with polymers as well as in the previous studies that used modifiers that in both cases seeks to extend the useful life of the asphalt mixtures.

Inside of this investigation details the characterization of the components of the asphalt mixture which were used, such as asphalt cement PEN 60/70 - PETROPERÚ; EVA polymer BBM-EVA-601 and stone aggregates from the Lekersa quarry, located in our city. The characterization of the materials and the Marshall test were based on the standards established in the Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para construcción EG-2013.

This research corresponds to the experimental design, in which using the scientific method and has been developed in an orderly manner, the population refers to all the asphalt mixtures used in the research and the sample is the number of specimens (30) that were submitted to the Marshall trial. Through the observation technique, the data obtained from the tests carried out in the laboratory were taken using the data collection instrument, finally the data were processed in tables and graphs using the Excel spreadsheet.

After carrying out the respective tests, both conventional asphalt concrete and modified asphalt concrete were obtained with Marshall stability results of 1220 kg with a percentage of asphalt of 5.7% and 1310 kg with a percentage of 4.8% of Ethylene vinyl acetate polymer, respectively, of these results it was concluded that the addition of Ethylene vinyl acetate polymer increased the Marshall stability of the modified asphalt concrete by approximately 8% respect to the stability of conventional asphalt concrete.

Keywords: Asphalt concrete, Ethylene vinyl acetate polymer, Stability

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

El buen estado de nuestras carreteras ocupan un lugar preponderante dentro de la infraestructura vial en el Perú dado a que contribuye al desarrollo del país, la mayoría de la carreteras se construyen generalmente con mezclas en las que el asfalto es el componente principal de la capa que está en contacto directo con los vehículos, dado que forma parte de la estructura del pavimento y por lo tanto es necesario estudiar las propiedades de sus elementos individuales como de la totalidad de la mezcla asfáltica para la elección del diseño de mezcla más adecuado que procure una circulación segura y cómoda así como una mayor vida útil del pavimento.

Utilizar el concreto asfáltico para pavimentar carreteras y calles es una práctica que dio inicio finalizando el siglo pasado debido a que sus funciones principales son la seguridad, seguida de la comodidad y en mayor o menor medida que sea permanente; razón por la cual su uso se hizo más común a medida que se incrementó el parque automotriz, de esta manera su uso ha crecido a pasos agigantados originando la búsqueda de nuevas tecnologías para obtener mezclas de asfalto de mejor calidad que permitan absorber las cargas de tráfico de vehículos pesados sin perder su integridad así como proteger la subrasante. El asfalto modificado es la principal muestra de ello, este viene siendo usado hace aproximadamente medio siglo, pero en las últimas décadas ha cobrado una gran importancia tecnológica y dentro del campo de la pavimentación asfáltica constituyen materia de investigación y desarrollo ya que los polímeros se pueden agregar a la constitución del asfalto con el objetivo de retrasar el envejecimiento, así como modificar el proceso de susceptibilidad térmica y mejorar las condiciones de deformabilidad frente a las cargas de los vehículos pesados. Las sustancias más utilizadas para la modificación de los asfaltos son los Polímeros con los cuales es posible obtener un producto con mejores características térmicas, de permeabilidad y resistencia, sin embargo, a pesar de las propiedades y beneficios del asfalto modificado aún no está extendido su uso en nuestro país a pesar de que existen

buenas experiencias que garantizan excelentes resultados debido a que es una tecnología probada en muchas partes del mundo.

Esta reticencia puede responder a razones económicas, ya que el asfalto modificado es un poco más costoso que el asfalto convencional, lo que puede hacer que las empresas sigan prefiriendo la mezcla convencional, aun cuando la mezcla modificada tenga un costo inicial más alto, finalmente se convierte una alternativa más conveniente en términos de mantenimiento y vida útil.

El conocimiento sobre las características y las ventajas de este producto también es una característica a considerar, porque muchos profesionales no tienen los conocimientos necesarios sobre el asfalto modificado.

Es por eso que en el presente trabajo se investigó el “Efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico” el cual se basa en mezclas modificadas con la adición del polímero EVA (Etileno vinil acetato) y tiene como objetivo difundir el uso de esta tecnología en nuestro país y especialmente en nuestra ciudad.

1.2. Trabajos Previos.

1.2.1. Internacional

Aimacaña (2017), “Estudio comparativo del comportamiento a compresión del pavimento asfáltico a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales” se ha planteado el objetivo general de: Determinar el comportamiento de la propiedad de la estabilidad, así como el comportamiento del flujo de las muestras con mezcla de asfalto convencional y mezclas a base de polímero. En esta investigación utilizaron porcentajes de 1%, 2% y 3% de polímero PE (polietileno) determinando que las mezclas tradicionales, así como la modificada con el 1% de PE cumplen con los requerimientos necesarios para el diseño de mezclas asfálticas Marshall. El polietileno fue obtenido de tapas de plástico reciclados y triturados a una granulometría de 0.06 cm – 0.015 cm. El valor de la estabilidad fue de 5500 y porcentaje de cemento asfáltico es de 6.5 % para una mezcla convencional y de 4600 con un contenido asfáltico de 6 % para la mezcla que se modificó con 1% de PE (polietileno) la cual representó el resultado más adecuado siendo utilizados el 60 % de agregado grueso y 39 % de agregado fino. Además, en esta investigación se recomienda poner en práctica la elaboración de pavimentos con asfalto modificado

a base de PE (polietileno) ya que se reduce la contaminación ambiental al reutilizar residuos plásticos reincorporándolos en el proceso. También se recomienda tener un control adecuado de la temperatura ($T^{\circ} = 120^{\circ}\text{C}$) en la preparación de las briquetas para el ensayo Marshall.

Moreno y Calvo (2014) en su tesis “Estudio mecánico del asfalto, modificado con polímeros y cueros que son utilizados en la elaboración del calzado; realizaron una modificación a la mezcla asfáltica tipo MDC-2 con porcentajes de 1%, 2%, 4% y 8% de modificador conformado por diferentes cantidades de caucho y cuero (DCC) los cuales provenían de calzado militar desechado, una muestra contenía cuero y caucho en porcentajes de 75 y 25 por ciento respectivamente y otra con contenido de caucho del 100 por ciento. Concluyeron que: El caucho utilizado como modificador en el asfalto evidenció un aumento en la rigidez con la siguiente consecuencia de un aumento en el esfuerzo que puede tolerar la mezcla MDC-2. Para la mezcla de 8% de DCC (100 por ciento caucho) y con un contenido de 6 % de asfalto se obtienen los mejores resultados de 156 kg/mm, 796kg, y 4.7mm para rigidez, estabilidad y flujo respectivamente. Así como el resultado menos apropiado se obtuvo con un contenido de 2 por ciento de DCC (100 por ciento caucho). Finalmente concluyen que se obtuvo mejores valores de estabilidad Marshall con aditivo DCC y se reduce la contaminación ambiental al utilizar calzado militar que aún no cuenta con normativa para su disposición final.

Palma, Ortiz, Ávalos y Castañeda (2014), en su estudio: “Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos” pudieron concluir que la elaboración de AMP (asfaltos modificados con polímeros) a pesar del elevado costo y la complejidad en la modificación de la mezcla brindaba muchos beneficios en sus propiedades como resistencia a la fractura, al ahuellamiento, permeabilidad y susceptibilidad térmica, propiedades que tienen gran influencia en la vida útil de un pavimento. Determinaron en su investigación que los polímeros elastómeros y el asfalto tienen una mayor compatibilidad obteniendo mejores propiedades al adicionar el polímero SBS al concreto asfáltico.

1.2.2 Nacional

Infante y Vásquez (2016), “Estudio comparativo del método convencional y uso de los Polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas”. Su principal objetivo es hacer un estudio comparativo del comportamiento mecánico entre mezclas asfálticas convencionales y mezclas modificadas con los polímeros EVA y SBS. Los resultados en porcentaje de SBS para tráfico ligero y pesado son del cinco por ciento (5%) y cuatro por ciento (4%) respectivamente y el porcentaje de polímero Etileno vinil acetato es del cuatro por ciento (4%) para tránsito ligero y del tres por ciento (3%) para tráfico pesado. Con el polímero EVA se logró un incremento de 17.54% de la estabilidad respecto del concreto asfáltico convencional. Con la adición de polímero SBS se logró incrementar la estabilidad en un 53.2 % en contraste con concretos asfálticos convencionales. Se pueden observar valores que cumplen con la normativa para fluencia al agregar porcentajes de polímero EVA a partir de tres por ciento (3%) y para el polímero SBS a partir de un porcentaje de cuatro por ciento (4%). Al realizar un estudio de costos unitarios se observa que en cuestiones de economía no se presenta un ahorro elevado en esta etapa de ejecución, pero se logra alargar la vida en servicio del pavimento y los ahorros se reflejan en etapas posteriores de operación y etapa de mantenimiento.

Valdivia (2017) en su tesis: “Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017” Determinó según los ensayos que los concretos asfálticos modificados con polímero SBS presentan una mayor trabajabilidad en cuanto a mezclado y compactación. El polímero SBS aportó al concreto asfáltico modificado un aumento de la estabilidad en un porcentaje de 38.28, lo cual indica que el concreto asfáltico modificado mejora su resistencia al desplazamiento y la deformación en un estado de cargas repetitivas. Se presentaron valores de índice de rigidez 3788kg/cm y de 5309 kg/cm para concreto asfáltico convencional y modificado respectivamente, poniéndose de manifiesto un incremento sustancial en la resistencia a deformaciones permanentes y funcionalidad para concretos asfálticos el cual se ha modificado adicionando porcentajes de SBS. Se

determinó que el óptimo de asfalto para concreto asfáltico convencional y modificado fue de 5 y 5.6 por ciento respectivamente. Referente al factor económico se obtuvo un costo unitario equivalente a 380.74 soles y 418.89 nuevos soles para los concretos asfáltico convencional y modificado respectivamente sin embargo un potente ahorro se refleja en la reducción de asfalto en los concretos asfálticos modificados, en la extensión vida útil y espaciamiento de los mantenimientos.

Maila (2013) en su tesis “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Etileno vinil acetato (EVA)” tiene como objetivo Disminuir el deterioro y daños viales con el diseño de una mezcla asfáltica modificada, con el polímero EVA. Realizó probetas con porcentajes de asfalto de 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% obteniendo resultados para estabilidad Marshall de 1970 kg para un 5.8 % de asfalto óptimo. Además, realizaron adición de polímero EVA en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% hallando que el porcentaje óptimo de polímero es de 3% con el cual obtuvieron una estabilidad Marshall de 2113 kg. Además, ha determinado que el concreto asfáltico modificado tiene un porcentaje de 60 por ciento de agregado grueso, 40 por ciento de agregado fino con la adición de 6,3 por ciento de asfalto y 3 por ciento de polímero EVA (en peso de asfalto) además establecen que porcentajes de adición de polímero mayores al 5 por ciento no muestran resultados satisfactorios. Para el desarrollo de su investigación con resultado confiable ha realizado tres ensayos por cada porcentaje de asfalto y de polímero. También estableció en su estudio el ahorro en cuanto al costo de fabricación del concreto asfáltico modificado que presenta un ahorro de 5.5 % lo cual hace factible el uso de este en pavimentación.

1.2.3 Locales

Pereda y Cubas (2015), “Investigación de los Asfaltos Modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación Técnico-económica con los asfaltos convencionales” Realizaron una evaluación de costo-beneficio para el uso de concreto asfáltico que se modificó con polímero y la influencia en las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto asfáltico que se ha modificado sobre la deformación por fatiga del asfalto. Este estudio tuvo una justificación en el beneficio al medioambiente debido a que el polímero

proviene de neumáticos de los vertederos. Además, comprobaron que la modificación del asfalto con polvo de llantas mejoró considerablemente la deformación plástica del concreto asfáltico, con resultados de 37 por ciento de recuperación elástica por torsión para el asfalto RC -70 sobre un asfalto convencional. Se observó mejoras en el punto de ablandamiento el cual aumentó en 19°C y a una temperatura de 25 grados se presenta una disminución de la penetración de 19mm. Se concluyó que el beneficio económico se encuentra en el largo plazo en cuanto a vida útil y mantenimiento de los pavimentos asfálticos.

Macedo (2016) en su tesis titulada: “Evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca – Hualgayoc de la Carretera Chongoyape – Cochabamba – Cajamarca”. Se logró incrementar la adherencia existente con el asfalto PEN 120/150 y el agregado utilizando el aditivo Quimibond 3000 por lo tanto afirman que aditivo Quimibond 3000 logró mejorar significativamente las propiedades físico – mecánicas del concreto asfáltico. Que el concreto asfáltico presentó un valor de 31.6 kg/cm² de resistencia promedio (primer grupo) y de 24.6 kg/cm² de resistencia promedio (segundo grupo) lo cual se ve de manifiesto al calcular la resistencia conservadora para el asfalto PEN 120/150 igual a un porcentaje de 77.8.

Soto (2017) en su tesis: “Influencia de la incorporación de porcentajes de caucho de llanta reciclado sobre los parámetros Marshall en las mezclas asfálticas en caliente, Trujillo 2017”, realizó una modificación del concreto asfáltico agregando porcentajes de 1,2 y 2 por ciento de caucho (llantas en desuso) motivando de esta manera a su utilización y promover el cuidado ambiental. La mezcla convencional quedó determinada por un contenido de 40,40 y 20 por ciento de piedra y arena producto del chancado y arena producto del zarandeo respectivamente con un contenido óptimo de asfalto de 5.8 por ciento. Respecto a la mezcla modificada se concluyó que para todos los porcentajes de caucho esta presenta valores que cumplen con la normatividad que exige el MTC. En cuanto al porcentaje de caucho óptimo

para la mezcla que se modificó se observó que al adicionar uno por ciento (1%) se logra mejorar significativamente respecto a los parámetros Marshall, por lo cual se puede concluir que el uso de esta mezcla modificada es de conveniencia para empresas que se dedican al rubro de la pavimentación dado que al utilizar un producto reciclado (caucho) se reducen los costos de fabricación tanto como el mantenimiento, además en esta investigación se consiguió que la huella de carbono producida por las llantas se redujera en un 5 172.83 kg de CO₂ medido en un kilómetro de carpeta asfáltica en caliente lo que se puede traducir como una reducción importante de emisión de gases al medioambiente.

1.3 Teorías Relacionadas al Tema

El uso de los asfaltos modificados es una tecnología utilizada en los últimos años con la finalidad de incrementar la vida en servicio de pavimentos que son utilizados en carreteras. La técnica consiste en adicionar cantidades diferentes de polímeros con los cuales se mejora las características de los asfaltos que tradicionalmente se vienen utilizando (convencional) elevando la resistencia a ser deformada a causa del paso de los vehículos y al clima.

Al realizar la modificación al asfalto adicionando polímeros se obtiene aglutinantes de mayor viscosidad a temperaturas altas y reducir las deformaciones (ahuellamiento) que se presentan de manera permanente en las mezclas las cuales forman la capa de rodadura, lo que aumenta la rigidez. En otro aspecto disminuye el nivel de fisuramiento debido a descenso de temperaturas y a la fatiga, incrementando la elasticidad. Obteniendo un aglutinante de mejores características de adhesividad.

1.3.1 Asfalto modificado

Maxil y Salinas, 2006, afirman que todo modificador ocasiona cierta actividad iónica en la superficie la cual produce un incremento de la adherencia de interface producida entre el material bituminoso y los agregados, y que esta característica persiste aun con la presencia de agua. Del mismo modo se ve incrementada la resistencia a la deformación y a los esfuerzos causados por la tensión repetitiva reduciendo de este modo el agrietamiento tanto como la susceptibilidad de la mezcla cuando existen variaciones importantes de temperatura. Los agentes modificadores son

aplicados en forma directa en el material bituminoso antes de que se realice la mezcla con el material pétreo.

1.3.2 Polímeros

Son el resultado de unir muchas moléculas que se entrelazan entre si de lo cual hay evidencia en la naturaleza formando parte de algunos materiales tales como madera, algodón, seda, plástico etc. Muchos polímeros tienen una gran variedad de número de moléculas y presentan otro tanto de ramificaciones dependiendo de cuan complejo sea el material, podemos citar al polietileno el cual tiene un numero grande de moléculas las cuales pueden ser clasificadas desde su origen en polímeros naturales, polímeros sintéticos y polímeros semisintéticos. Decimos que es un polímero natural, cuando puede hallarse en la naturaleza sin intervención de la mano del hombre entre ellos tenemos proteínas, hules y el caucho. Y llamamos polímeros sintéticos cuando se obtienen a través de un proceso industrial entre ellos tenemos al nylon, polietileno, etc.

1.3.2.1 Polímeros que se utilizan para modificar el asfalto

- **Polímeros Termo endurecibles**

Son formados debido a las reacciones químicas entre los componentes que son el endurecedor y la base, los cuales forman estructuras entrecruzadas las cuales ya no se recuperan y no pueden transformarse, los más conocidos son resinas: fenólicas, epoxi, de poliéster y de poliuretano.

- **Elastoméricos**

Entre los que podemos mencionar al caucho, son polímeros amorfos insaturados y pueden someterse a la vulcanización adquiriendo de esta forma una estructura reticulada parcialmente que le confiere las propiedades de elasticidad. El elastómero más común es el caucho natural y el caucho (SBR) de butadieno-estireno, así como el SBS estireno butadieno estireno.

- **Polímeros Termoplásticos.**

Según Infante y Vásquez (2016) estos polímeros al ser sometidos a altas temperaturas se disuelven y, pueden llegar a fluir. Y al disminuir la temperatura se pueden moldear, en repetidas ocasiones sin alterar sus

propiedades. Es decir, tienen una estructura lineal o ramificada ligeramente, entre los más comunes podemos citar polietileno, polipropileno, poli cloruro de vinilo, poli estireno, así como los copolímeros etileno vinil acetato etc.

Es decir, son polímeros lineales o ligeramente ramificados. Los más comunes son el polietileno, el poli propileno, el poli cloruro de vinilo el poli estireno, los copolímeros de etileno - acetato de vinilo (E.V.A.) y las polis amidas, entre otros.

Polímero Etileno vinil acetato, el etileno vinil acetato es un copolimero del etileno y un copolimero del acetato de vinilo. Tiene un contenido en peso respecto de acetato entre 10 y 40 por ciento y el resto es etileno. Algunas veces este porcentaje se puede incrementar (75%) y son utilizados como suspensiones acuosas, es considerado un polímero elastómero termoplástico, en cuanto a sus propiedades presenta buen brillo y claridad excelentes propiedades de barrera y buena resistencia a temperaturas bajas.

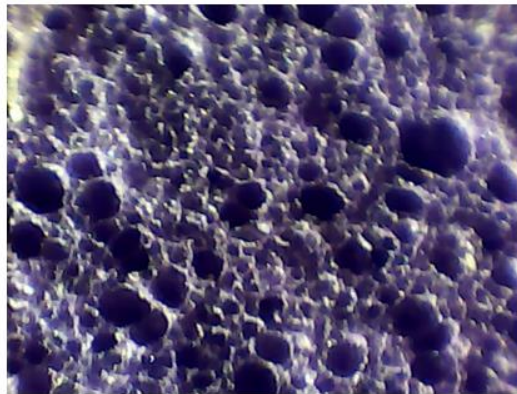


Figura 1.- fotografía electrónica del EVA (Wikipedia)

1.3.3. Asfalto

Es un material el cual se encuentra en la naturaleza formando depósitos naturales o también se puede obtener como producto de la destilación del crudo del petróleo, cuando es sometido a temperaturas altas se reblandece convirtiéndose en líquido, esta característica permite una buena combinación con los pétreos durante el proceso de elaboración de mezclas bituminosas. El

material bituminoso es muy impermeable y tiene buenas propiedades de adherencia y cohesión puede soportar esfuerzos elevados y fluye ante la acción de cargas permanentes, químicamente está compuesto por varios hidrocarburos y algunas trazas de azufre, nitrógeno etc. Puede diluirse en el heptano formando dos fases los asfaltenos y los máltenos. Los asfaltenos le dan el color negro y dureza. Los maltenos se disuelven en el heptano y están compuestos por resinas y aceites, las resinas presentan un color ámbar y los aceites tienen una tendencia más clara, estas resinas le dan la propiedad de adhesividad y los aceites son el medio de transporte de los asfaltenos y las resinas.

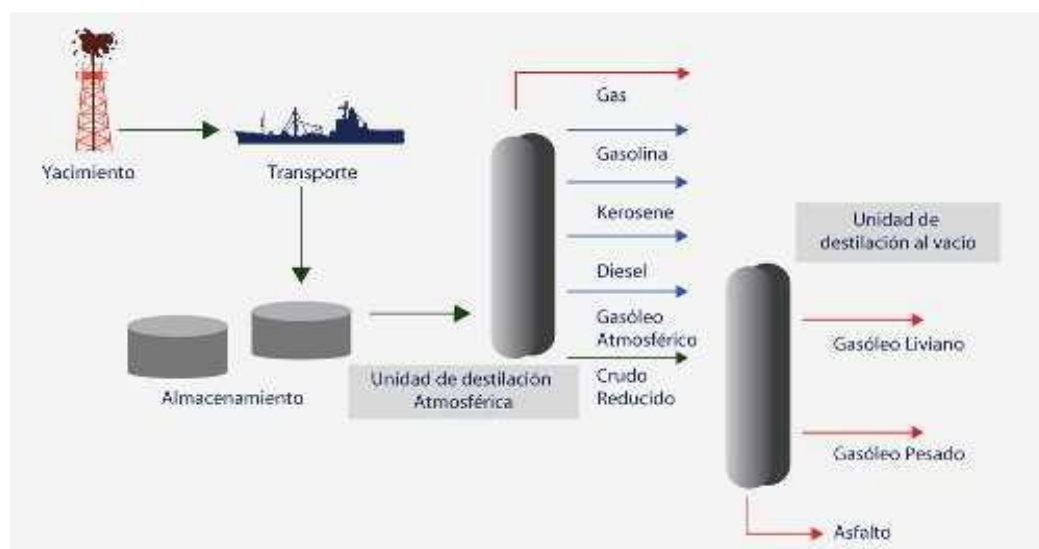


Figura 2.- Esquema de refinación de Petróleo

Los asfaltos tienen características dependiendo de su composición química y su estructura, pero en términos generales los asfaltos deben tener buenas propiedades termoplásticas: con aumento de temperatura su consistencia presenta una disminución de tal manera que logra envolver a los pétreos; y que al disminuir la temperatura debe adquirir la suficiente consistencia para cohesionar la mezcla. En cuanto al comportamiento mecánico y reológico debe ser capaz de mostrar resistencia a las tensiones derivadas del tráfico y mantenerla durante las temperaturas de servicio. La resistencia al envejecimiento es primordial para resistir el efecto de los agentes atmosféricos.

En esta gráfica se representa el fenómeno de la susceptibilidad térmica de los asfaltos, en el eje x podemos ver la temperatura y en el eje vertical se presenta la consistencia que podría ser en esta caso la viscosidad, como vemos a medida que la temperatura aumenta se reduce la viscosidad, la evolución en un gráfico semilogarítmico se representa con la línea recta pero en realidad nos interesa que ese comportamiento sea distinto, nos interesa que las temperaturas en servicio las cuales son muy variadas necesitamos que las características de los ligantes varíe muy poco en todo ese rango y que cuando se eleve la temperatura varíen con facilidad para facilitar su producción y posterior manejo, esto nos lleva a la curva del gráfico que tiene un comportamiento ideal, lo cual también puede lograrse con la modificación de los ligantes.

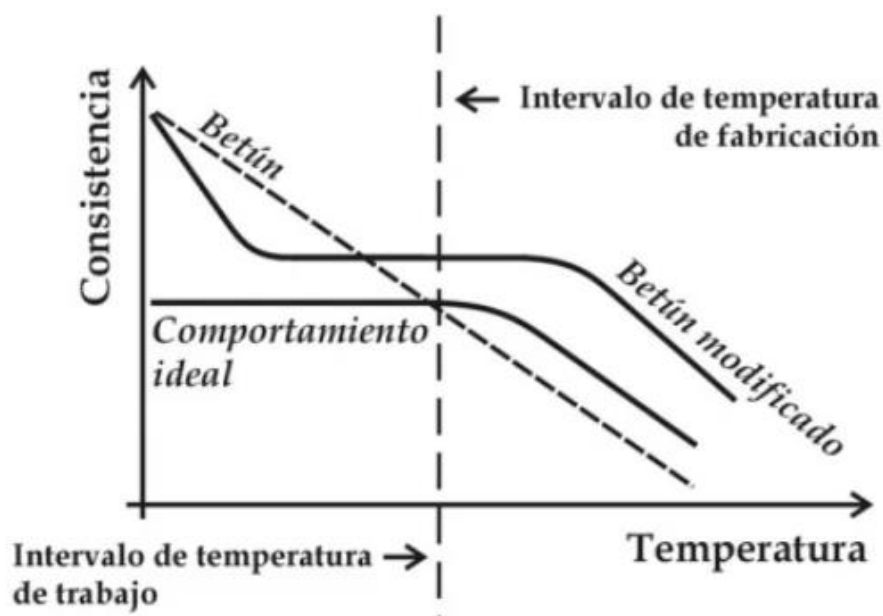


Figura 3.- Fenómeno de la susceptibilidad térmica de los asfaltos

1.3.4 Concreto asfáltico

Está formado por los agregados con una buena gradación y el ligante es el cemento asfáltico, esta mezcla se considera con buenas propiedades cuando cumple con los requisitos de: tener la suficiente estabilidad para cumplir con los requerimientos de servicio, el asfalto necesario para lograr un pavimento

durable, una buena trabajabilidad y los vacíos necesarios en la mezcla después de la compactación.

Existen algunos factores que deben controlarse tales como granulometría de los áridos, el contenido óptimo de asfalto y las propiedades del cemento asfáltico.

Con el método Marshall el cual fue puesto en marcha por el ejército de Norteamérica es uno de los métodos más utilizados en el diseño de mezclas asfálticas, este método se basa en requisitos necesarios de estabilidad Marshall, fluencia Marshall densidad y porcentaje de vacíos

1.4 Formulación del Problema

¿Qué efecto tiene el polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico?

1.5 Justificación del estudio

Esta investigación se justifica porque se basa en la necesidad urgente de tener una infraestructura vial adecuada en la que los pavimentos tengan una mayor durabilidad es decir un incremento en su vida útil y se vean reducidos significativamente las operaciones de mantenimiento; además en ésta investigación se propuso difundir el uso de concreto asfáltico modificado con polímeros, específicamente con el polímero Etileno vinil acetato, con el cual se obtiene una mejora significativa de las propiedades de estabilidad y fluencia del asfalto.

Este estudio se considera como una base para futuras investigaciones y para ser puesta en práctica en la pavimentación de nuestras calles y pistas dado que se realizó con agregados propios de la ciudad de Trujillo y asfalto PEN 60/70 indicado para las condiciones y características de la misma.

De esta manera esta investigación tiene un impacto directo en el crecimiento de la economía del país, por que busca mejorar las propiedades y extender la vida en servicio del pavimento lo que se reflejará en ahorro de costos de operación y mantenimiento reduciendo también el uso de combustibles y materiales que afectan directamente al medio ambiente, reduciendo de esta manera la contaminación ambiental.

1.6 Hipótesis

El polímero Etileno vinil acetato tiene efecto en la estabilidad del concreto asfáltico.

1.7 Objetivos

1.7.1 General

Determinar el efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico.

1.7.2 Específicos

- Caracterizar los componentes del concreto asfáltico convencional.
- Obtener el porcentaje de asfalto óptimo en el concreto asfáltico convencional.
- Obtener el porcentaje óptimo de polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) en el concreto asfáltico modificado.
- Realizar la comparación de la estabilidad Marshall del concreto asfáltico convencional con el concreto asfáltico modificado.

II Método

2.1 Diseño de Investigación

El presente estudio corresponde al diseño experimental, se considera experimental porque se realiza la manipulación de la VI (variable independiente) y analizar la influencia que tiene sobre la VD (variable dependiente).

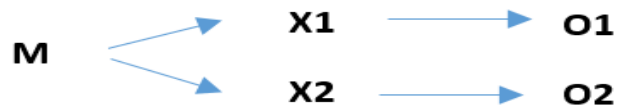


Figura 4.- Diseño Experimental

Dónde:

X1 : Concreto asfáltico convencional

X2 : Concreto asfáltico más polímero EVA

O1-2 : Observaciones

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1 Identificación de Variables

- Variable Independiente : Polímero EVA
- Variable Dependiente : Estabilidad del concreto Asfáltico

Tabla 1.- Operaconalización de la variable

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD	ESCALA DE MEDICIÓN
POLÍMERO EVA	Proporciones de polímero EVA que se adicionarán al cemento asfáltico.	Las resinas EVA son copolímeros de etileno-acetato de vinilo fabricados mediante un proceso de autoclave a alta presión. Se utilizan principalmente para aplicaciones de espumado, recubrimiento, extrusión y moldeo por inyección para muchos segmentos importantes del mercado industrial,	Para la determinación del porcentaje óptimo de polímero EVA se prepararon muestras con diferentes porcentajes de polímero (respecto al peso del asfalto) y se ensayaron en el aparato Marshall para verificar la modificación del asfalto.	Polímero EVA	%	Razón
ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO	Estabilidad Marshall	Se define como la capacidad que tiene un asfalto de resistir al desplazamiento y a la deformación ante la acción de las cargas del tránsito	Para la determinación de la estabilidad se prepararon muestras con diferentes porcentajes de cemento asfáltico para el concreto asfáltico convencional y diferentes porcentajes de polímero EVA para el concreto asfáltico modificado y luego se ensayaron en el aparato Marshall para determinar la carga de rotura.	Contenido de asfalto	%	Razón
				Granulometría	%	Razón
				Estabilidad	Kg	Intervalo
				Flujo	0.01 pulg	Intervalo

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

Todas las muestras de concreto asfáltico que intervinieron en la investigación constituyen la población para esta investigación.

2.3.2 Muestra

La muestra viene a ser el número de especímenes que se someterán a ensayo, lo que se calculó de la siguiente manera:

Tabla 2.- Número de probetas para ensayo Marshall del concreto asfáltico convencional.

Variable	Porcentaje de asfalto				
	% 1	% 2	% 3	% 4	% 5
Repeticiones	p.1.1	p.2.1	p.3.1	p.4.1	p.5.1
	p.1.2	p.2.2	p.3.2	p.4.2	p.5.2
	p.1.3	p.2.3	p.3.3	p.4.3	p.5.3

Total de probetas = 15

Tabla 3.- Número de probetas para ensayo Marshall del concreto asfáltico modificado.

Variable	Porcentaje de polímero EVA				
	% 1	% 2	% 3	% 4	% 5
Repeticiones	pA.1.1	pA.2.1	pA.3.1	pA.4.1	pA.5.1
	pA.1.2	pA.2.2	pA.3.2	pA.4.2	pA.5.2
	pA.1.3	pA.2.3	pA.3.3	pA.4.3	pA.5.3

Total de probetas = 15

Probetas totales para ensayo Marshall = 30

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1 Técnica

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio LASACI de la Universidad Nacional de Trujillo y Laboratorio Huertas Ingenieros SAC; a través de los cuales se garantizó la confiabilidad y la validez de los datos obtenidos.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó el instrumento ficha de recolección de datos en la que se registró todos los datos de las variables de este estudio. La confiabilidad de los instrumentos de recolección de Datos, se determinó con los ensayos de Laboratorio ya previamente mencionados, los equipos de laboratorio a utilizar serán calibrados para la obtención de resultados reales. Los ensayos se realizaron bajo la supervisión de los ingenieros encargados del laboratorio y se realizaron en base a los procedimientos establecidos en el Manual de ensayos de Materiales del MTC.

2.5 Procedimiento

- **Caracterización de los componentes del concreto asfáltico**

La caracterización de los materiales se ha realizado siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa EG – 2013, primeramente, se eligió al cemento asfáltico para esta investigación, utilizando la clasificación por penetración, en esta investigación se ha utilizado el cemento asfáltico PEN 60/70, luego se realizaron los diferentes ensayos requeridos obteniendo resultados que cumple con la norma. Seguidamente se escogieron los agregados que deben cumplir con las características necesarias como ser limpios, durables, tener la granulometría de acuerdo a la especificación, ser resistentes al desgaste etc, por lo cual se realizaron diferentes ensayos cuyos resultados que cumplen con la exigencia requerida, los agregados utilizados fueron provenientes de la cantera Lekersa.

- **Ensayo de estabilidad Marshall (MTC E 504) para concreto asfáltico convencional**

Se prepararon probetas de cuatro pulgadas (4") de diámetro y dos pulgadas y media de altura (2.5") con diferentes porcentajes de asfalto y se realizaron tres repeticiones como exige la norma, para la determinación de los porcentajes del material bituminoso utilizados se realizó el cálculo del cemento asfáltico teórico según el método del Instituto del Asfalto, de tal manera que los porcentajes utilizados fueron de cuatro y medio por ciento (4.5%) , cinco por ciento (5%) , cinco y medio por ciento (5.5%), seis por ciento (6%) y seis y medio por ciento (6.5%); seguidamente se deben calentar el asfalto y los agregados en los pesos previamente establecidos de cada material hasta obtener una mezcla uniforme en la que el asfalto a recubierto a los agregados esto se realizó a una temperatura de 140 °C, luego se vierte el contenido en el molde Marshall el cual fue calentado previamente y se procede a compactar la mezcla se realizaron 75 golpes de compactación por ambos lados simulando un tráfico pesado, luego se dejan enfriar las probetas y se procede a extraerlas de los moldes, todas las probetas deben estar codificadas, a cada probeta se le determinó su peso al aire, peso en agua y el peso con superficie saturada, para los cálculos posteriores de densidades, porcentajes de vacío etc, antes de las 24 horas se realizó el ensayo Marshall, la probeta, las mordazas fueron colocadas a una temperatura de 60°C en baño maría durante 40 minutos se colocaron en baño maría con una diferencia de minutos para que todas estén expuestas el mismo cantidad de tiempo, luego se sacan una a una y se colocan en las mordazas y en el menor tiempo posible se someten al ensayo aplicando la carga y se determina el momento de la rotura en el cual la carga tendrá un valor determinado que es la estabilidad Marshall y las mordazas se aproximado una determinada longitud que se denomina deformación Marshall, con la información que se obtuvo se elaboraron los gráficos Marshall de estabilidad, deformación y porcentaje de vacíos en función del porcentaje de asfalto. Del análisis de las curvas determinamos el porcentaje óptimo de asfalto que le corresponde a un valor de vacíos del cuatro por ciento (4%).

- **Ensayo de estabilidad Marshall (MTC E 504) para concreto asfáltico modificado con polímero EVA**

Luego de establecer el óptimo de asfalto se realizó la modificación del asfalto, adicionando diferentes porcentajes de polímero EVA respecto al peso del asfalto óptimo, los porcentajes utilizados fueron de: dos y medio por ciento (2.5 %), tres y medio por ciento (3.5%), cuatro y medio por ciento (4.5%) y cinco y medio por ciento (5.5%) de polímero EVA. Se prepararon las probetas siguiendo el procedimiento anteriormente descrito hasta obtener las gráficas Marshall de las cuales determinaremos el porcentaje óptimo de polímero EVA para un cuatro por ciento de vacíos (4%).

- Finalmente elaboramos una tabla donde se presentan los datos obtenidos del ensayo y se realizó la comparación entre las estabilidades del concreto asfáltico convencional y el concreto asfáltico modificado.

2.6 Método de análisis de Datos

La información que se obtuvo en la presente investigación se presenta mediante cuadros, tablas y gráficos que se procesaron con la hoja de cálculos Excel. Y de este modo se pudo realizar la comparación entre la estabilidad del concreto asfáltico convencional y la estabilidad del concreto asfáltico modificado.

2.7 Aspectos Éticos

Esta investigación ha sido desarrollada por mi persona en forma ordenada, científica y responsable siguiendo los lineamientos estipulados de la Universidad César Vallejo, de los cuales tengo conocimiento y he puesto en aplicación en este trabajo además he demostrado respeto a la información de las fuentes las cuales han sido adecuadamente referenciadas respetando la propiedad intelectual. Los datos obtenidos en laboratorio han sido procesados en gabinete con la ayuda de hojas de cálculo como el Excel y en los resultados se demuestra veracidad y confiabilidad.

III. RESULTADOS

Esta investigación se desarrolló con la finalidad de realizar adiciones al cemento asfáltico de diferentes porcentajes de polímero Etileno vinil acetato (EVA) y observar la influencia que tiene en la estabilidad del concreto asfáltico.

3.1 Caracterización de los componentes para el concreto asfáltico

3.1.1 Caracterización del Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico utilizado en esta investigación fue el asfalto PEN 60/70 producido por Petróleos del Perú PETROPERÚ los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.- Ensayos al cemento asfáltico PEN 60/70

Cemento asfáltico PEN 60/70			
Ensayo	Norma	Especificación	Resultado
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	60-70	67
Punto de inflamación, °C	MTC E 312	232	234
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100	112
Ensayo de la película fina			
Perdida por calentamiento	ASTM D-1754	0.8 % max	0.41
Ductilidad 5 cm/min, cm	MTC E 306	50 cm	63

En esta tabla se aprecian los resultados que se obtuvieron de los ensayos realizados al cemento asfáltico y que cumplen con las especificaciones reglamentarias.

3.1.2 Caracterización del agregado Grueso

En ésta investigación se utilizaron pétreos que provienen de la cantera Lekersa ubicada en El Milagro distrito de Huanchaco, estos agregados fueron sometidos a los diferentes ensayos que exige la norma.

Tabla 5.- Detalle de ensayos realizados al agregado grueso.

Agregado grueso	Norma	Especificaciones	Resultado %
Durabilidad (al sulfato de Mg)	MTC E 209	18% máximo	2.03 %
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máximo	14.9%
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máximo	8.8%
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	89./54
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5 % max	0.1%
Análisis granulométrico	MTC E 517	✓	

3.1.3 Caracterización del agregado Fino

El agregado fino proviene de la cantera Lekersa ubicada en El Milagro distrito de Huanchaco, se determinó la granulometría de este agregado obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 6.- Detalle de ensayos realizados al agregado fino.

Agregado fino	Norma	Especificaciones	Resultado %
Equivalente de arena	MTC E 114	60	83.94
Índice de plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4max	NP
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5%max	0.11
Absorción	MTC E 205	0.5%max	0.3
Adherencia agregado fino	MTC E 220		✓

3.2

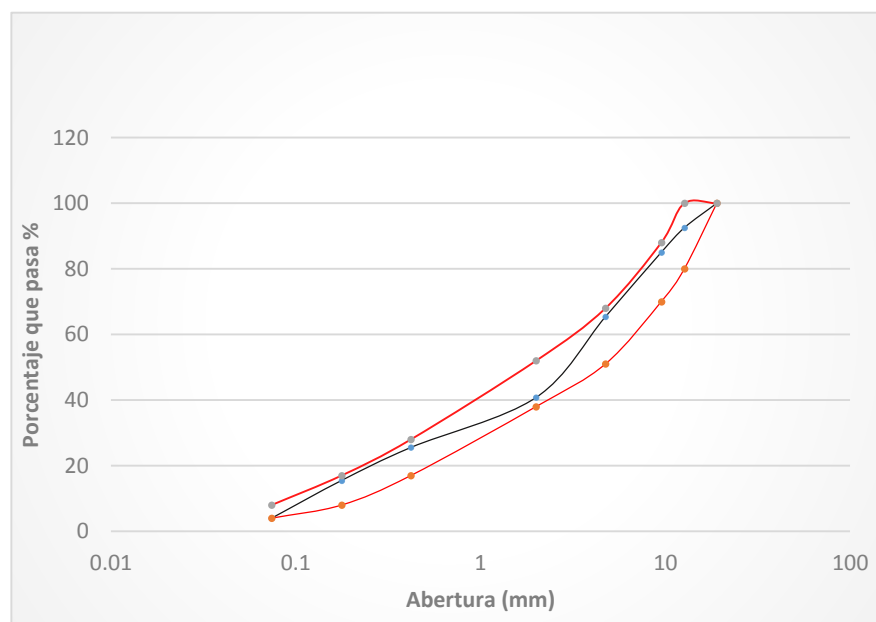
Ensayo de estabilidad Marshall para concreto asfáltico convencional

Tabla 7.- Granulometría de la mezcla resultante de los agregados:

Mallas		Agregado		MAC 2
Serie Americana	Abertura mm	Retenido %	Pasa %	
3/4	19.050	0.00	100.00	100
1/2	12.700	7.00	93.00	80-100
3/8	9.525	15.00	85.00	70-88
Nº4	4.760	35.00	65.00	51-68
Nº8	2.380	56.00	44.00	38-52
Nº10	2.000	59.00	41.00	
Nº16	0.190	67.00	33.00	
Nº30	0.590	73.00	27.00	17-28
Nº40	0.426	74.00	26.00	
Nº50	0.297	76.00	24.00	
Nº80	0.177	85.00	15.00	8-17
Nº100	0.149	91.00	9.00	4-8
Nº200	0.074	96.00	4.00	
plato	-	100.00		

Mediante el análisis granulométrico se obtuvo la mezcla de los agregados determinando los porcentajes de 35% para agregado grueso y 65 % de agregado fino.

Gráfico 1.- Curva granulométrica resultante



Materiales utilizados:

- a. 35 % de agregado grueso (porcentaje en peso de la mezcla)
- b. 65 % de agregado fino (porcentaje en peso de la mezcla)
- c. Cemento asfáltico convencional en porcentajes de: 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%

Tabla 8.- Pesos para elaboración de probetas de concreto asfáltico convencional

Peso de concreto asfáltico convencional					
Asfalto (g)	54	60	66	72	78
Agregado grueso (g)	401	399	397	395	393
Agregado fino (g)	745	741	737	733	729
	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0

Con los pesos obtenidos se elaboraron las probetas según la norma MTC E 504 y posteriormente fueron sometidos al ensayo de estabilidad Marshall y el flujo Marshall,

Tabla 9.- Resultados ensayo Marshall para concreto asfáltico convencional

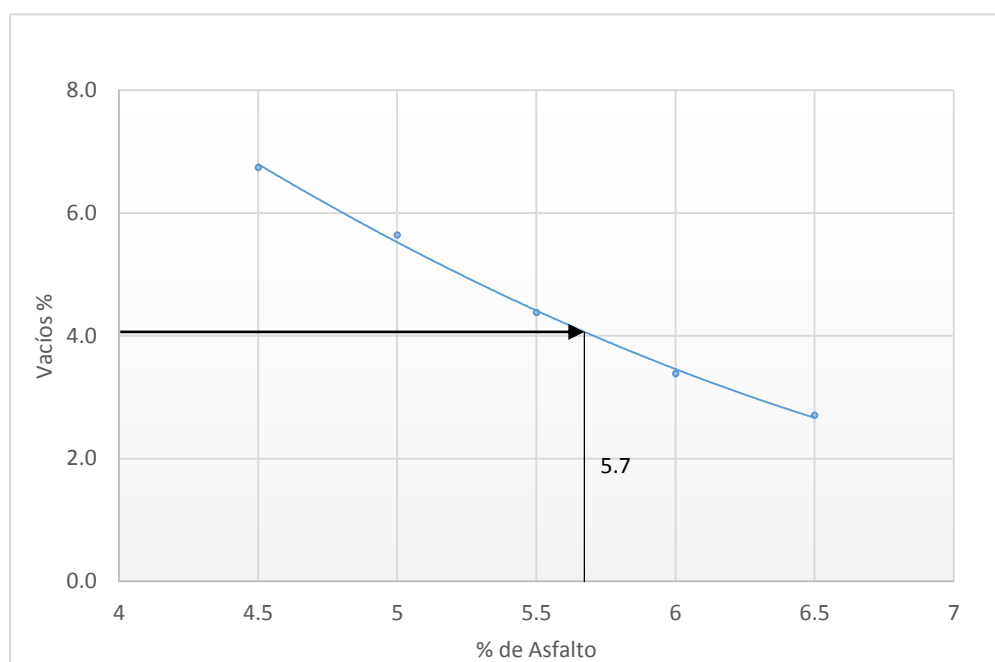
Probeta	% asfalto	Peso	Peso	Peso	volumen	Geb	Gmm	Volumen	Volumen	Asfalto			Estabilidad		flujo
		aire	saturado	agua	briqueta	g/cm3	g/cm3	agregado	vacíos	efectivo	VAM	VFA	medida	corregida	0.01 "
P.1.1	4.5	1198	1202	707	495	2.42							1132	1045	8
P.1.2	4.5	1195	1204	708	496	2.41							1065	983	7
P.1.3	4.5	1195	1201	707	495	2.42							1048	967	7
	4.5					2.42	2.59	82.83	6.74	10.43	17.17	60.74		999	
P.2.1	5.0	1198	1201	707	493	2.43							1132	1045	9
P.2.2	5.0	1198	1202	707	495	2.42							1164	1074	8
P.2.3	5.0	1198	1201	708	493	2.43							1155	1066	8
	5.0					2.43	2.57	82.72	5.64	11.64	17.28	67.35		1062	
P.3.1	5.5	1195	1196	708	488	2.45							1400	1302	10
P.3.2	5.5	1195	1197	708	489	2.45							1377	1281	10
P.3.3	5.5	1199	1200	706	494	2.43							1391	1293	10
	5.5					2.44	2.55	82.74	4.38	12.88	17.26	74.63		1282	
P.4.1	6.0	1199	1201	710	490	2.45							1266	1169	11
P.4.2	6.0	1199	1202	711	491	2.44							1275	1177	12
P.4.3	6.0	1199	1203	712	491	2.44							1284	1185	12
	6.0					2.44	2.53	82.44	3.38	14.17	17.56	80.73		1177	
P.5.1	6.5	1198	1199	709	490	2.44							1110	1025	14
P.5.2	6.5	1195	1199	709	490	2.44							1128	1041	14
P.5.3	6.5	1199	1200	710	490	2.44							1123	1037	14
	6.5					2.44	2.51	81.99	2.71	15.30	18.01	84.97		1034	

Tabla 10.- Resumen de resultados del ensayo Marshall para Concreto asfáltico convencional con diferentes porcentajes de asfalto

Resumen ensayo Marshall	% Asfalto				
	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
1. Estabilidad Kg	999	1062	1283	1177	1034
2. Deformación	1.86	2.14	2.46	3.0	3.46
3. Porcentaje de Vacíos	6.7	5.6	4.4	3.4	2.7

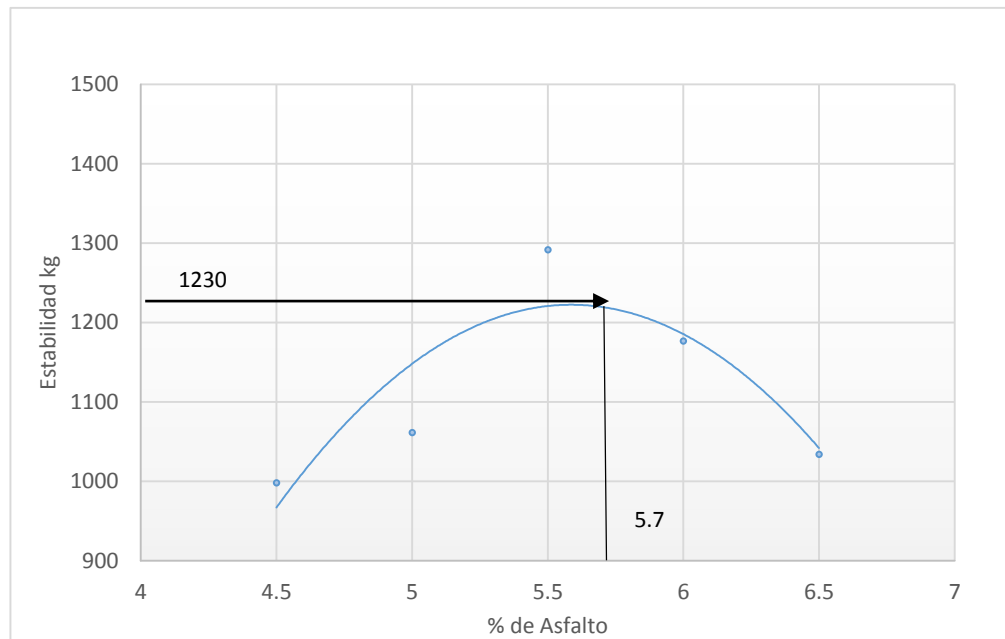
Gráficos Marshall

Gráfico 2.- Vacíos - Porcentaje de Asfalto



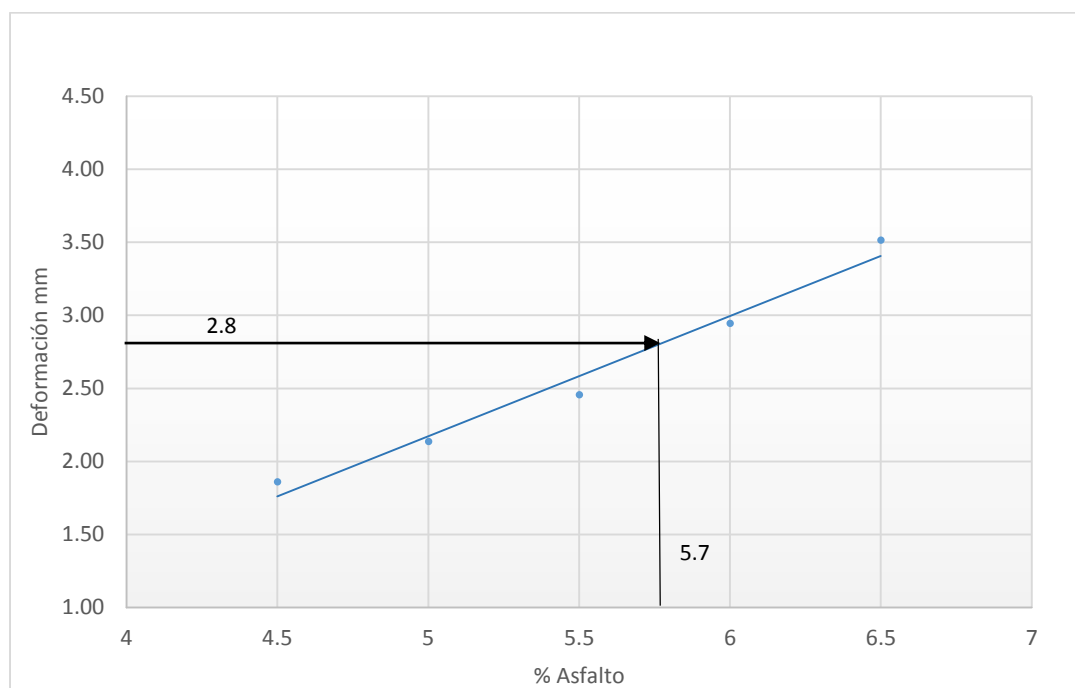
Para determinar el porcentaje de cemento asfáltico óptimo se elige un porcentaje de vacíos del 4 por ciento (4%) al que le corresponde un porcentaje de cemento asfáltico del 5.7% el cual se denominará porcentaje óptimo de asfalto y con el cual se obtendrá el valor de las propiedades Marshall.

Gráfico 3.- Estabilidad - Porcentaje de Asfalto



Como se observa en la gráfica la estabilidad para el porcentaje óptimo de asfalto es de 1230 kg, podemos decir que a medida que se incrementa la cantidad de asfalto aumenta la estabilidad de la mezcla sin embargo llega un momento en que incorporar más asfalto no supone aumento significativo de la estabilidad debido a que al separarse los agregados disminuye apreciablemente el rozamiento interno y por lo tanto la estabilidad disminuye.

Grafico 4.- Deformación - Porcentaje de Asfalto



Dado que el asfalto es el componente deformable en la mezcla asfáltica por esta razón es que a medida que aumenta el porcentaje de asfalto se incrementa la deformación, en este caso para el contenido de 5.7% de asfalto obtenemos una deformación en mm de 2.8, lo cual está dentro del rango que exige la norma para mezclas asfálticas.

Tabla 11.-Resultados Marshall para un porcentaje de vacíos de 4%

Características Marshall	Especificaciones		Resultados
	Min	Max	
1. % Óptimo de asfalto	-		5.7
2. Estabilidad Kg	831.6		1230
3. % de Vacíos	3 – 5		4.0
4. Flujo 0.01 pulg	8 - 14		11

En esta tabla se puede observar que los datos obtenidos de ensayo Marshall para concreto asfáltico convencional los cuales cumplen los requerimientos de la norma.

3.3 Ensayo de estabilidad Marshall para concreto asfáltico modificado

Materiales utilizados:

- a. 5.7% Cemento asfáltico modificado con polímero Etileno vinil acetato (EVA) en porcentajes de 2.5%, 3.5%, 4.5%, 5.5% y 6.5%. (porcentaje en peso respecto al peso de asfalto óptimo)
- b. 33% de agregado grueso
- c. 61.3% de agregado fino

Tabla 12.- Pesos de cada material del concreto asfáltico modificado

Peso de cada material de concreto asfáltico modificado					
Polímero EVA (g)	1.7	2.4	3.1	3.8	4.4
Asfalto (g)	66.7	66	65.3	64.6	64.0
Peso asfalto modificado (g)	68.4				
Agregado grueso (g)	396.1	396.1	396.1	396.1	396.1
Agregado fino (g)	735.5	735.5	735.5	735.5	735.5
Peso total briqueta (g)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0

Con los pesos obtenidos se elaboraron las briquetas según la norma MTC E 504 y posteriormente fueron sometidos al ensayo de estabilidad y el flujo Marshall.

Tabla 13.-Resultados ensayo Marshall para concreto asfáltico modificado

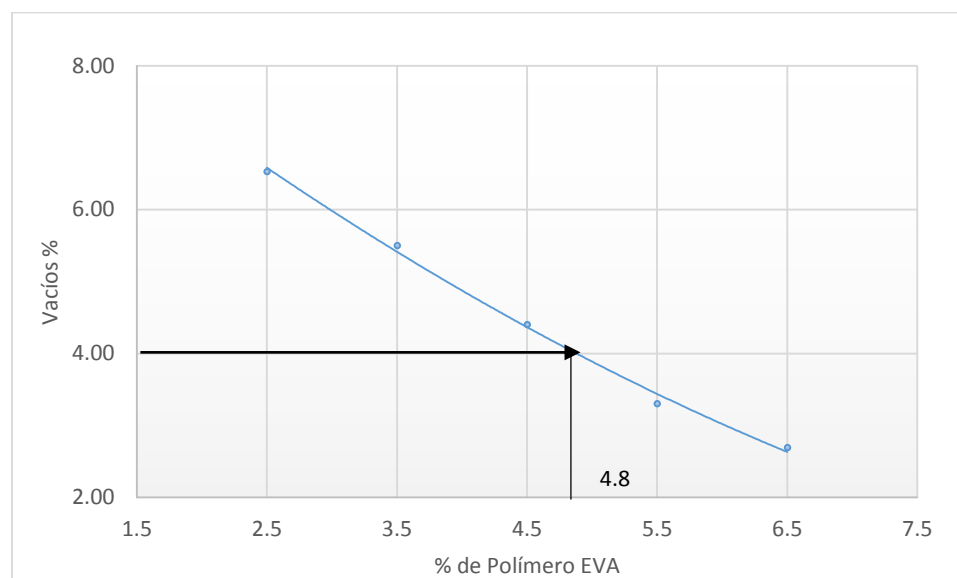
Probeta	% EVA	% asfalto	Peso	Peso	Peso	volumen	Geb	Gmm	Volumen	Volumen	Asfalto	VAM	VFA	Estabilidad		flujo
			aire	saturado	agua	briqueta	g/cm3	g/cm3	agregado	vacíos	efectivo			medida	corregida	0.01 "
PA.1.1	2.5	5.7	1198	1201	706	494	2.42							1177	1086	8
PA.1.2	2.5	5.7	1196	1199	705	494	2.42							1155	1066	8
PA.1.3	2.5	5.7	1197	1201	706	495	2.42							1168	1078	8
		5.7					2.42	2.59	81.97	6.53	11.50	18.03	63.77		1077	8
PA.2.1	3.5	5.7	1198	1200	707	493	2.43							1355	1251	8
PA.2.2	3.5	5.7	1199	1200	706	494	2.43							1377	1271	9
PA.2.3	3.5	5.7	1198	1199	706	492	2.43							1395	1288	9
		5.7					2.43	2.57	82.24	5.50	12.26	17.76	69.03		1270	8
PA.3.1	4.5	5.7	1196	1197	709	489	2.45							1444	1333	10
PA.3.2	4.5	5.7	1196	1198	709	489	2.45							1466	1354	11
PA.3.3	4.5	5.7	1198	1200	706	494	2.43							1489	1374	11
		5.7					2.44	2.55	82.54	4.40	13.05	17.46	74.78		1354	11
PA.4.1	5.5	5.7	1199	1201	710	490	2.45							1311	1210	12
PA.4.2	5.5	5.7	1198	1200	710	490	2.45							1288	1189	13
PA.4.3	5.5	5.7	1199	1202	711	491	2.44							1266	1169	13
		5.7					2.45	2.53	82.77	3.30	13.92	17.23	80.82		1189	13
PA.5.1	6.5	5.7	1198	1199	709	490	2.44							1155	1066	16
PA.5.2	6.5	5.7	1198	1200	710	490	2.44							1168	1078	17
PA.5.3	6.5	5.7	1198	1200	710	490	2.44							1168	1078	17
		5.7					2.44	2.51	82.70	2.69	14.60	17.30	84.43		1074	17

Tabla 14.- Resumen de resultados del ensayo Marshall para Concreto asfáltico modificado con diferentes porcentajes de polímero EVA.

Resumen ensayo Marshall	% polímero EVA				
	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
1. Estabilidad Kg	1077	1270	1354	1189	1074
2. Deformación	1.86	2.14	2.71	3.17	4.23
3. Porcentaje de Vacíos	6.53	5.5	4.4	3.3	2.69

Gráficos Marshall

Gráfico 5.- Vacíos - Porcentaje de EVA

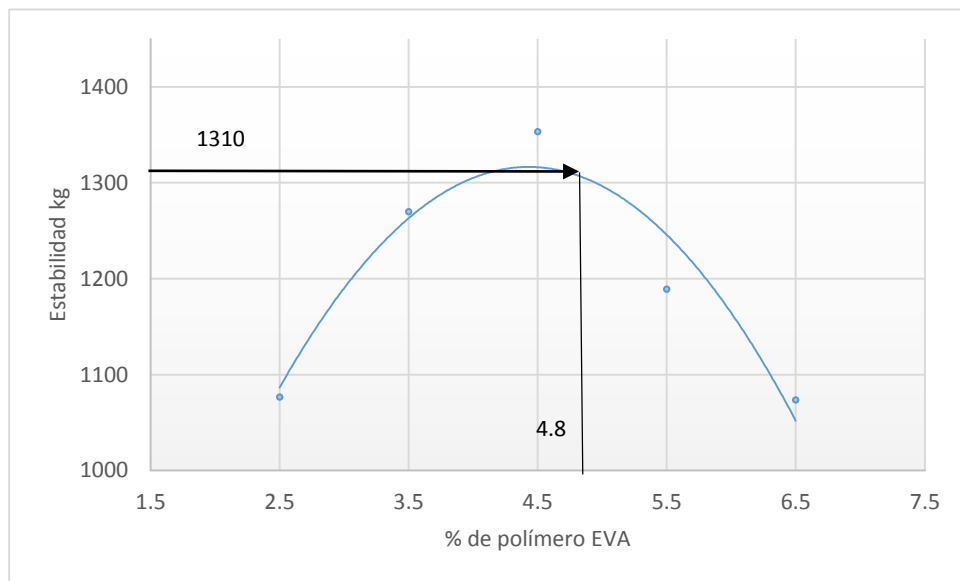


Porcentaje óptimo de polímero EVA:

A partir de los resultados obtenidos, hemos determinado el porcentaje de polímero EVA óptimo de 4.8 % con el cual se obtiene los mejores resultados para las propiedades de Estabilidad y fluencia.

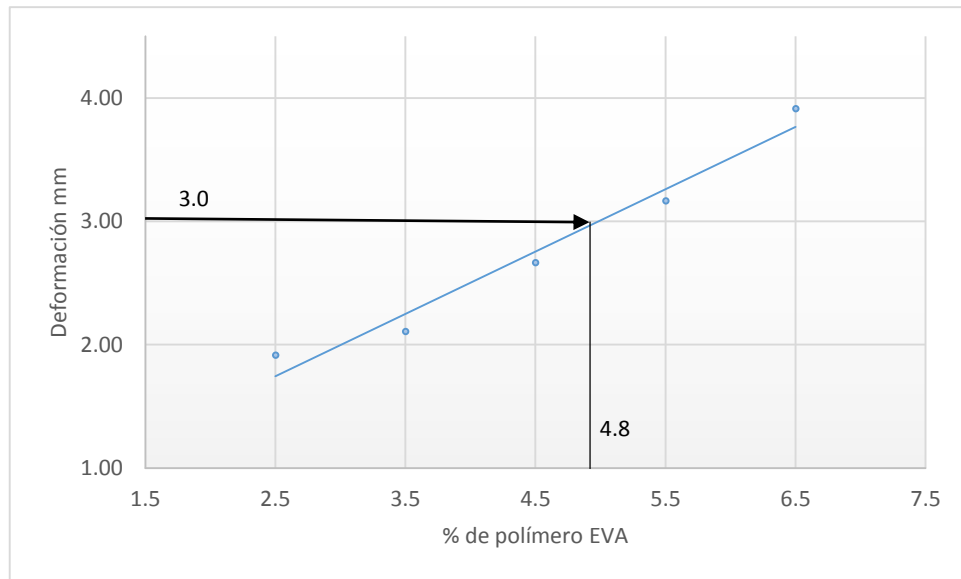
Luego se procedió a evaluar cada una las propiedades Marshall calculadas y medidas para este porcentaje de polímero, comparándolas con los rangos mínimos y máximos permisibles de diseño Marshall.

Gráfico 6.- Estabilidad - Porcentaje de EVA



En esta grafica se puede observar que inicialmente a medida que se incrementa la cantidad de polímero aumenta la componente de cohesión en la resistencia global de la mezcla sin embargo llega un momento en que incorporar más polímero no supone aumento significativo de la cohesión y por el contrario al separarse los agregados disminuye apreciablemente el rozamiento interno y por lo tanto la resistencia global de la muestra. Como se observa en la gráfica la estabilidad para el porcentaje óptimo de polímero EVA es de 1310 kg.

Gráfico 7.- Deformación - Porcentaje de Asfalto



Dado que el asfalto es el componente deformable en la mezcla asfáltica por esta razón es que a medida que aumenta el porcentaje de polímero EVA se incrementa la deformación, en este caso para el contenido de 4.8 % de polímero EVA obtenemos una deformación en mm de 3.0, lo cual está dentro del rango que exige la norma para mezclas asfálticas.

Tabla 15.- Resultados Marshall para un porcentaje de vacíos de 4%

Características Marshall	Especificaciones		Resultados
	Min	Max	
1. % polímero EVA	-		4.8
2. %Estabilidad Kg	831.6		1310
3. % de Vacíos	3 – 5		4
4. Flujo 0.01 pulg	8 - 14		11

En esta tabla se puede observar que los datos obtenidos de ensayo Marshall para concreto asfáltico modificado con polímero Etileno vinil acetato se encuentran dentro de las exigencias de EG-2013.

IV. DISCUSIÓN

- 4.1 En la presente tesis “ Efecto del polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico” se ha realizado la caracterización de los materiales que conforman el concreto asfáltico en estudio, para nuestro caso obtuvimos una mezcla de agregados del 35 por ciento de agregado grueso y 65 por ciento de agregado fino cumpliendo de esta manera con el huso granulométrico MAC 2 que establece el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales EG -2013; por lo tanto de los ensayos realizados se afirma que cumplen con las propiedades tanto de forma, angularidad, resistencia, adhesividad etc, como afirma Macedo (2016) en su estudio “Evaluación de compatibilidad entre el cemento Asfáltico Pen 120/150 Mejorado Con Un Promotor De Adherencia Y El Agregado Piedra Tipo Granito (C. Leopoldo) Y Su Efecto En La Calidad Y Resistencia De La Mezcla Asfáltica En Caliente, Caso Tramo Bambamarca – Hualgayoc De La Carretera Chongoyape – Cochabamba – Cajamarca” realizada en la universidad Privada Antenor Orrego que ha utilizado varias muestras y a diferentes proporciones de agregados tipo granito (grueso y fino) para lograr obtener los agregados adecuados que presenten las características como forma y angularidad; características mecánicas como la resistencia al desgaste que son importantes para un buen comportamiento de las mezclas asfálticas y que los agregados deben estar libres de sustancias que puedan interferir en la adherencia del asfalto. Además afirma que respecto a los cementos asfálticos utilizados deben ser homogéneos, debe estar libre de agua y no debe formarse espumación al ser calentado a 175°C lo cual es similar al procedimiento seguido en esta investigación que para la elección del asfalto PEN 60/70 ha sido en base al Manual de especificaciones Técnicas Generales EG 2013 para una temperatura media anual de 24°C – 15°C que le corresponde a la ciudad de Trujillo, obteniendo los resultados de los ensayos de este asfalto que se encuentran dentro de las especificaciones de la norma.
- 4.2 Para la determinación del porcentaje de asfalto óptimo los resultados se han representado gráficamente y en función del análisis de las curvas Marshall se ha determinado al menos en principio lo que viene a ser el contenido óptimo de asfalto. Para elaborar las probetas de concreto asfáltico convencional se ha utilizado los porcentajes teóricos de asfalto de 4.0 %, 4.5%, 5.0%, 5.5 %, y 6.0%

elaborando las probetas con cada contenido de asfalto y con 03 repeticiones como se menciona en Manual de especificaciones Técnicas Generales EG 2013. Según EG- 2013 dice que el porcentaje de vacíos de una mezcla asfáltica debe estar entre el 4 % y 5% entonces al realizar el análisis de las gráficas Marshall se elige un porcentaje de vacíos de 4 % con el cual determinamos el porcentaje óptimo de asfalto que resultó en 5.7 % de forma análoga podemos apreciar los resultados obtenidos por Infante y Vásquez (2016) en su tesis “Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas” realizada en la universidad Señor de Sipán, que realizaron probetas con porcentajes de 4.7%, 5%, 5.3% y 5.6% de asfalto y contemplando un porcentaje de vacíos del 4 % obtuvieron un porcentaje óptimo de asfalto convencional de 5.3 %.

4.3 Según Maila (2013) en su tesis “Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Etileno vinil acetato (EVA) elaboró probetas con contenidos de asfalto de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de polímero EVA concluye que el porcentaje óptimo de polímero EVA con el que se obtiene mejores propiedades Marshall del concreto asfáltico es del 3% con el que se ha obtenido un valor de estabilidad Marshall de 2113 kg ; y en la presente investigación se modificó el cemento asfáltico adicionando porcentajes de polímero EVA de 2.5%, 3.5%, 4.5%, 5.5% y 6.5% porcentaje en peso del cemento asfáltico óptimo y se ha obtenido como resultado que el porcentaje de polímero EVA óptimo con el cuál se logró mejorar los parámetros Marshall del concreto asfáltico fue de 4.8% obteniendo un valor de estabilidad Marshall de 1310 kg. Estos resultados tienen una gran variación y esto podría darse en primer lugar debido a la calidad de los agregados pétreos y la procedencia de los mismos, así como el tipo de tráfico para el cual fueron diseñadas las probetas, tipo de asfalto o a algunos aspectos técnicos durante el desarrollo del ensayo.

4.4 Con el desarrollo del ensayo Marshall tanto para el concreto asfáltico convencional como para el concreto asfáltico modificado y a través del análisis de los gráficos Marshall los cuales se elaboran con los datos del ensayo pudimos obtener los datos de Estabilidad en Kg, de deformación en mm, porcentaje de vacíos con aire para ambas mezclas y contrastar los resultados en cuanto a parámetros Marshall obteniendo el siguiente cuadro resumen:

Tabla 16.- Cuadro comparativo entre concreto asfáltico convencional y concreto asfáltico modificado con EVA

Resumen ensayo Marshall	Concreto asfáltico convencional con 5.7 % asfalto	Concreto asfáltico modificado con 4.8 % de EVA
1. Estabilidad Kg	1220	1310
2. Deformación 0.01 pulg	11.0	11.8
3. Porcentaje de Vacíos	4.0	4.0

En el siguiente cuadro comparativo podemos evidenciar y contrastar los parámetros Marshall del concreto asfáltico convencional con 5.7 % de asfalto óptimo y del concreto asfáltico modificado con 4.8 % de polímero Etileno vinil acetato porcentaje en peso respecto al óptimo de cemento asfáltico (5.7%) se puede observar que el concreto asfáltico modificado con polímero Etileno vinil acetato manifiesta un incremento en la estabilidad de 1220 Kg en el concreto asfáltico convencional y de 1310 kg en el concreto asfáltico modificado y Según Infante y Vásquez en su tesis “Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas” realizada en la universidad Señor de Sipán, obtuvieron estabilidad de 1220 kg para el concreto asfáltico convencional y una estabilidad de 1432 Kg para el concreto asfáltico modificado con 3 % de polímero EVA.

V. CONCLUSIONES

- 5.1 Se realizó la caracterización de los materiales que componen el concreto asfáltico convencional y el resultando se encuentran dentro de los parámetros exigidos por el manual de especificaciones Técnicas Generales EG -2013, y la mezcla de cemento asfáltico y agregados quedó establecida en 35 % de agregado grueso y 65 % de agregado fino : 65 % y el cemento asfáltico utilizado fue el PEN 60/70 producido por PETROPERÚ.
- 5.2 Se realizó el ensayo Marshall a las probetas de concreto asfáltico convencional con contenidos de cemento asfáltico de: 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, y 6.0 % en peso de la mezcla; obteniendo el porcentaje óptimo de asfalto que permite obtener las mejores propiedades Marshall de la mezcla asfáltica elaborada con agregados de la cantera Lekersa y cemento asfáltico PEN 60/70 obteniendo un porcentaje óptimo de asfalto de 5.7 % este valor le corresponde al cuatro por ciento (4%) de vacíos tal y como establece la norma; y el valor de estabilidad Marshall para el porcentaje óptimo de asfalto es de 1220 Kg así como el valor para la deformación es de 11 centésimas de pulgada.
- 5.3 Se realizó el ensayo Marshall a las probetas de concreto asfáltico modificado con polímero EVA adicionando porcentajes de 2.5%, 3.5%, 4.5%, 5.5% y 6.5% porcentaje en peso del cemento asfáltico óptimo, y teniendo en cuenta que la mezcla debe presentar un promedio de 4 % de vacíos y al cual le corresponde un porcentaje de 4.8 % de polímero EVA así que a este contenido se considera el porcentaje óptimo de Etileno vinil acetato con el concreto asfáltico muestra un incremento apreciable en las propiedades Marshall respecto al concreto asfáltico convencional, obteniendo 1310 kg de estabilidad Marshall y 11.8 centésimas de pulgada para la deformación.
- 5.4 Se realizó la comparación de los valores de la estabilidad Marshall del concreto asfáltico convencional el cual arrojó un contenido óptimo de asfalto de 5.7% y del concreto asfáltico modificado con un óptimo de polímero EVA de 4.8 %, obteniendo los siguientes resultados: 1220 Kg y 1310 Kg respectivamente, de lo cual podemos afirmar que el polímero Etileno vinil acetato incrementa la estabilidad Marshall del concreto asfáltico en 90 Kg que en porcentaje es aproximadamente 8 %, bajo características de elaboración iguales para ambos casos.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Se debe tener un cuidado especial en la elección de los agregados y cemento asfáltico además realizar la caracterización de los materiales según el lugar para el cual se va a diseñar la mezcla asfáltica.
- 6.2 Para la obtención del porcentaje óptimo de asfalto convencional se debe realizar las pruebas con estricto control de la temperatura de esta manera se evita modificaciones en la estructura del asfalto.
- 6.3 Para la obtención del porcentaje óptimo de Etileno vinil acetato se debe realizar las pruebas con estricto control de los parámetros intervinientes como temperatura, porcentaje en peso etc. que nos permitan obtener valores reales de estabilidad de la mezcla.
- 6.4 Se recomienda tener como punto de partida para el diseño de concreto asfáltico modificado con polímero Etileno vinil acetato, los valores obtenidos en esta investigación de 5.7 % de asfalto modificado con 4.8 % de polímero Etileno vinil acetato, 33 % de agregado grueso y 61.3 % de agregado fino dado a que con ellos se obtienen los mejores valores de parámetros Marshall. Además, se recomienda realizar los ensayos pertinentes posteriores para corroborar otras propiedades específicas que se requieren según la aplicación de la mezcla. Como son los ensayos de resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta e Inmersión – compresión para lograr información suficiente respecto al comportamiento del concreto asfáltico cuando este en servicio.

VII. REFERENCIAS

- 7.1 AIMACANA, Juan. Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. Trabajo de titulación (título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad técnica de Ambato 2017.
- 7.2 MORENO, Luis. Calvo, Damaris. Estudio mecánico del asfalto modificado con polímeros y cueros que son utilizados en la elaboración del calzado. *L'éstrit Ingénieux*. (5):14-22, 2014.
- 7.3 PALMA, Carolina. ORTIZ, Carlos. AVALOS, Felipe. CASTAÑEDA, Adalí. Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos. *Afinidad* (LXXIII): 119-124, 2016.
- 7.4 INFANTE, Carlos. VÁSQUEZ, Deynis. Estudio comparativo del método convencional y uso de los Polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas. Trabajo de titulación (Ingeniero Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán 2016.
- 7.5 VALDIVIA, Vitmer. Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017. Trabajo de titulación (Ingeniero Civil) Lima: Universidad César Vallejo 2017.
- 7.6 PEREDA, Danfer. CUBAS, Nahum. Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnica – económico con los asfaltos convencionales. Trabajo de titulación (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego 2015.
- 7.7 MACEDO, Alesxandra. Evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bamabamarca-Hualgayoc de la carretera Chongoyape-Cochabamba-Cajamarca. Trabajo de titulación (Maestra en transportes y conservación vial) Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego 2016.
- 7.8 SOTO, Edwin. Influencia de la incorporación de porcentajes de caucho de llanta reciclado sobre los parámetros Marshall en las mezclas asfálticas en caliente,

- Trujillo 2017. Trabajo de titulación (Ingeniero Civil) Trujillo: Universidad privada del Norte 2018.
- 7.9 Ministerio de Transportes y comunicaciones. Manual De Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción, EG – 2013.
- 7.10 Ministerio de Transportes y comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales 2016. P.691.
- 7.11 MAXIL, Roberto. SALINAS, Marco. Ventajas y desventajas del uso de polímeros en el asfalto. Tesis de titulación (Ingeniero Civil). Cholula: Universidad de las Américas Puebla. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/maxil_c_r/.
- 7.12 RODRÍGUEZ, Edwin. Polímeros en mezclas asfálticas. Colombia: Universidad Santo Tomas 2009. Disponible en repositorio: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1607?locale=es>.
- 7.13 AGNUSDEI, Jorge. Aplicaciones de los asfaltos modificados con polímeros. Disponible en : <https://civilgeeks.com/2016/10/21/apuntes-asfaltos-polimeros/>.
- 7.14 Pavimentos Texto guía, 2004, disponible https://www.academia.edu/28004419/PAVIMENTOS_Texto_Gu%C3%ADa.
- 7.15 HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. [En línea]. Sexta edición. México, Mc Graw Hill 2014. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- 7.16 MAILA, M, (2013). “Comportamiento De Una Mezcla Asfáltica Modificada Con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)”. Trabajo de titulación (Ingeniero Civil) Quito: Universidad Central del Ecuador.

VIII: ANEXOS

Tabla 17.- Matriz de consistencia, Título: Efecto del Polímero Etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	MARCO METODOLÓGICO
<p>General:</p> <p>¿Qué efecto tiene el polímero etileno vinil acetato en la estabilidad del concreto asfáltico?</p>	<p>General:</p> <p>Determinar la influencia del polímero Etileno Vinil Acetato en la estabilidad del concreto asfáltico.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterizar los componentes del concreto asfáltico convencional. ✓ Obtener el porcentaje de asfalto óptimo en el concreto asfáltico convencional. ✓ Obtener el porcentaje óptimo de polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) en el concreto asfáltico modificado. ✓ Realizar la comparación de la estabilidad Marshall del concreto asfáltico convencional con el concreto asfáltico modificado. 	<p>General:</p> <p>El polímero Etileno Vinil Acetato tiene efecto en la estabilidad del concreto asfáltico.</p>	<p>Variable independiente Polímero EVA</p> <p>Dimensiones Proporciones de polímero EVA que se adicionarán al cemento asfáltico.</p> <p>Variable dependiente Estabilidad del concreto Asfáltico</p> <p>Dimensiones Estabilidad Marshall</p>	<p>Tipo de investigación Aplicada</p> <p>Diseño de investigación Experimental</p> <p>Esquema</p> <p>Población Concretos Asfálticos que intervinieron en la investigación</p> <p>Muestra Es el número de especímenes que se someterán al ensayo Marshall.</p> <p>Técnica: La técnica empleada en esta investigación fue la observación.</p> <p>Instrumento de Recolección de datos: El instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos donde se registró todos los datos de las variables de este estudio.</p>

8.2 Ensayos realizados

Figura 5.- Ensayo de Penetración Cemento Asfáltico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS LASACI

SOLICITANTE	: MYRTHA CARRANZA MANZANARES
PROYECTO	: "Efecto del Polímero-Etileno vinil acetato en la Estabilidad de Concreto Asfáltico-Trujillo 2019"
MUESTRA	: EMULSION ASFALTICA (PEN 60-70)
FECHA DE INGRESO	: 10 DE JUNIO DEL 2019
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACION	RESULTADOS
Punto de Inflamación, °C (Ensayo E 312)	234
Ductibilidad, 25°C, 5 cm /min. cm	112
Solubilidad en Tricloro-etileno	137
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1 mm	67
Solvente nafta-estandar Solvente nafta-xileno Solvente heptano-xileno	Negativo
PRUEBA SOBRE LA PELICULA DELGADA	
Perdida de masa (ASTM D 1754)	0.41
Ductibilidad del residuo 25 °C, 5 cm/min, cm	63

Conclusión: La muestra cumple con las especificaciones dada por el cliente.
TRUJILLO 05 DE JULIO DEL 2019

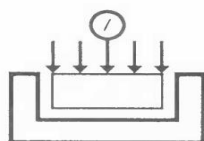
Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

/ GUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

Figura 6.- Ensayo de Abrasión



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES
FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

CANTERA : LEKERSA (AGREGADO GRUESO)
CLASE DE MATERIAL: GRAVA UNIFORME

ENSAYO DE ABRASION (NORMA MTC E-207)

Graduación Maquina: 500 Revoluciones

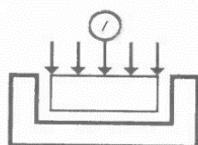
Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del Agregado (%)
Total	5000	4255.20	744.80	14.90
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				14.90 %

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martel
C.I.P. 148105

Figura 7.- Partículas chatas y alargadas



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS ASTM D 4791

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

CANtera: LEKERSA (AGREGADO GRUESO)

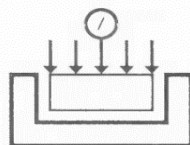
RESULTADOS:

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO			CHATAS y ALARGADAS		
		PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.00	0.0	-	-			
1/2"	12.70	214.0	50.0	(50.0)	19.55	9.1	4.6
3/8"	9.50	214.0	50.0		18.2	8.5	4.3
TOTAL					37.75		8.8
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (Grs.)					428.0		
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)					8.8		

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.I.P. 148105

Figura 8.- Caras fracturadas



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS MTC E-210

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD
DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

CANTERA: LEKERSA (AGREGADO GRUESO)

a. Con una cara fracturada

Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	A (g)	B (g)	C (B/A)*100	D (%)	E C x D
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	-	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	-	-	-
3/4"	19.00	0.00	0.00	-	-	-
1/2"	12.70	250.00	244.50	97.80%	50.00%	48.90%
3/8"	9.50	250.00	201.10	80.44%	50.00%	40.22%
TOTAL		500.00			100.00%	89.12%

Porcentaje con una Cara Fracturada = **89.12%**

a. Con dos caras fracturadas

Tamiz (pulg)	Abertura (mm)	A (g)	B (g)	C (B/A)*100	D (%)	E C x D
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	-	-	-
1"	25.40	0.00	0.00	-	-	-
3/4"	19.00	0.00	0.00	-	-	-
1/2"	12.70	250	100.40	40.16%	50.00%	20.08%
3/8"	9.50	250	168.50	67.40%	50.00%	33.70%
TOTAL		500			100.00%	53.78%

Porcentaje con dos Caras Fracturadas = **53.78%**

Donde:

A = Peso muestra

B = Peso material con caras fracturadas

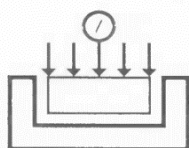
C = Porcentaje de cara fracturada

D = Porcentaje retenido gradacion original

E = Promedio de caras fracturadas

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.I.P. 148105

Figura 9.- Sales solubles totales



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD
DEL CONCRETO ASFÁLTICO
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES
FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019
CANTERA: LEKERSA (AGREGADO GRUESO)

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES NORMA MTC E-219

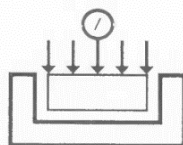
TIPO:	GP
PROFUNDIDAD (mts):	-
PESO FIOLA (g):	201.30
PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g):	282.45
PESO FIOLA + SALES (g):	201.38
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%):	0.10
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm):	1000

Exposición a Sulfatos	Sulfato soluble en agua presente en el suelo (% en peso)	Sulfato en el agua (ppm)	Tipo de Cemento
Insignificante	0.00 - 0.10	0 - 150	I
Moderada	0.10 - 0.20	150 - 1,500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM)(MS)
Severa	0.20 - 2.00	1,500 - 10,000	V
Muy Severa	mas de 2.00	mas de 10,000	Tipo V más puzzolana

Fuente: Tabla 4.4 de Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.I.P. 148105

Figura 10.- Absorción



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

PORCENTAJE DE ABSORCION NORMA MTC E-205 Y E-206

CANtera: LEKERSA
MUESTRA: AGREGADO FINO

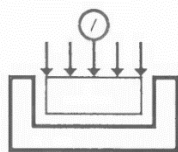
DESCRIPCION	
Peso Muestra Húmedo + Cápsula(g)	62.47
Peso Muestra Seco+ Cápsula(g)	61.13
Peso del Agua(g)	1.34
Peso Cápsula(g)	22.48
Peso Muestra Seca(g)	38.65
Porcentaje de Absorción(%)	3.47

CANtera: LEKERSA
MUESTRA: AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	
Peso Muestra Húmedo + Cápsula(g)	61.34
Peso Muestra Seco+ Cápsula(g)	60.32
Peso del Agua(g)	1.02
Peso Cápsula(g)	19.43
Peso Muestra Seca(g)	40.89
Porcentaje de Absorción(%)	2.49

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.I.P. 148105

Figura 11.- Equivalente de arena



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114)

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

CANTERA: LEKERSA (AGREGADO FINO)

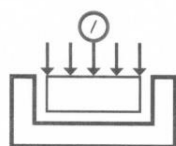
ENSAYO	M-1	M-2
LECTURA DEL NIVEL DE MUESTRA + AGUA	250	250
LECTURA DEL NIVEL DE ARENA:	209.5	210.2
SE(%)	83.80%	84.08%

CALCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA:

PROMEDIO	83.94%
----------	--------

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.I.P. 148105

Figura 12.- Sales solubles totales



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD
DEL CONCRETO ASFÁLTICO
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES
FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019
CANTERA: LEKERSA (AGREGADO FINO)

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES NORMA MTC E-219

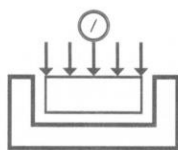
TIPO:	SP
PROFUNDIDAD (mts):	-
PESO FIOLA (g):	201.30
PESO FIOLA + PESO AGUA DESTILADA + SALES (g):	210.04
PESO FIOLA + SALES (g):	201.31
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (%):	0.11
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES (ppm):	1100

Exposición a Sulfatos	Sulfato soluble en agua presente en el suelo (% en peso)	Sulfato en el agua (ppm)	Tipo de Cemento
Insignificante	0.00 - 0.10	0 - 150	I
Moderada	0.10 - 0.20	150 - 1,500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM) (MS), I(SM)(MS)
Severa	0.20 - 2.00	1,500 - 10,000	V
Muy Severa	mas de 2.00	mas de 10,000	Tipo V más puzzolana

Fuente: Tabla 4.4 de Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.I.P. 148105

Figura 13.- Análisis Granulométrico agregado fino



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES
FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

PRUEBA GRANULOMETRICA (MTC E 206)

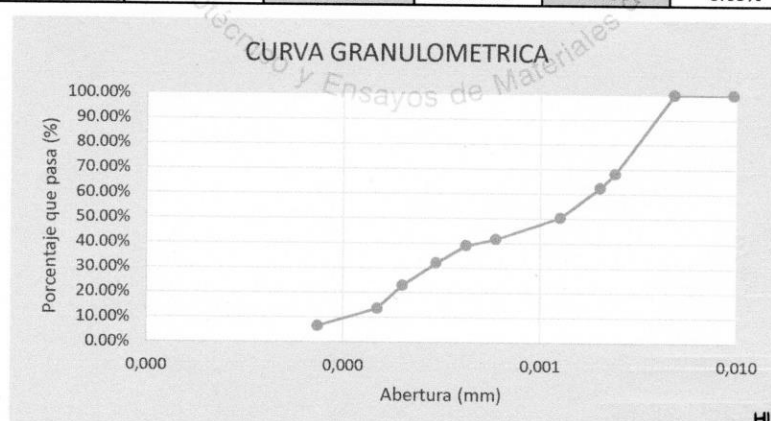
DATOS DE MUESTRA:

MATERIAL: AGREGADO FINO
CANTERA: LEKERSA

SONDAJE: -
MUESTRA: UNICA

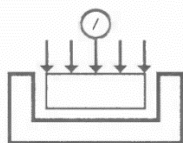
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
No 8	2.381	159.00	31.80%	31.80%	68.20%
No 10	2.000	28.26	5.65%	37.45%	62.55%
No 16	1.259	59.66	11.93%	49.38%	50.62%
No 30	0.595	44.25	8.85%	58.23%	41.77%
No 40	0.420	13.22	2.64%	60.88%	39.12%
No 50	0.296	35.25	7.05%	67.93%	32.07%
No 80	0.200	45.25	9.05%	76.98%	23.02%
No 100	0.149	46.42	9.28%	86.26%	13.74%
Nº 200	0.074	35.25	7.05%	93.31%	6.69%
PLATO	FONDO	33.44	6.69%	100.00%	0.00%
TOTAL		500.00			

GRAVA:	0.00%	ARENA:	93.31%	FINOS:	6.69%
--------	-------	--------	--------	--------	-------



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martel
CIP 148105

Figura 14.- Análisis Granulométrico agregado grueso



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

PRUEBA GRANULOMETRICA (MTC E 204)

DATOS DE MUESTRA:

MATERIAL: AGREGADO GRUESO

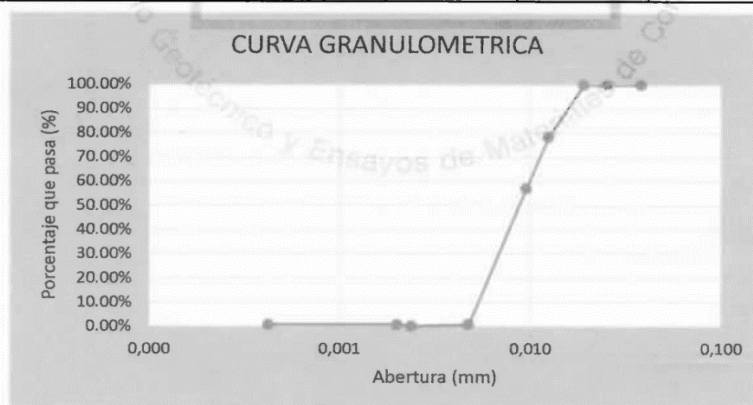
SONDAJE: -

CANTERA: LEKERSA

MUESTRA: UNICA

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	37.900	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.500	214.00	21.40%	21.40%	78.60%
3/8"	9.500	214.00	21.40%	42.80%	57.20%
Nº 4	4.750	561.00	56.10%	98.90%	1.10%
Nº 8	2.381	7.20	0.72%	99.62%	0.38%
Nº 10	2.000	0.17	0.02%	98.92%	1.08%
Nº 40	0.425	0.00	0.00%	98.92%	1.08%
Plato	0.000	3.63	0.36%	99.28%	0.72%
TOTAL		1000.00		T. MAX.	3/4"

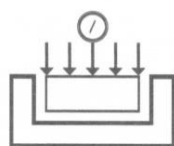
GRAVA:	98.90%	ARENA:	0.02%	FINOS:	1.08%
--------	--------	--------	-------	--------	-------



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Martel
CIP 148106

Figura 15.- Granulometría de la mezcla resultante



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

DATOS DE MUESTRA:

DISEÑO: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

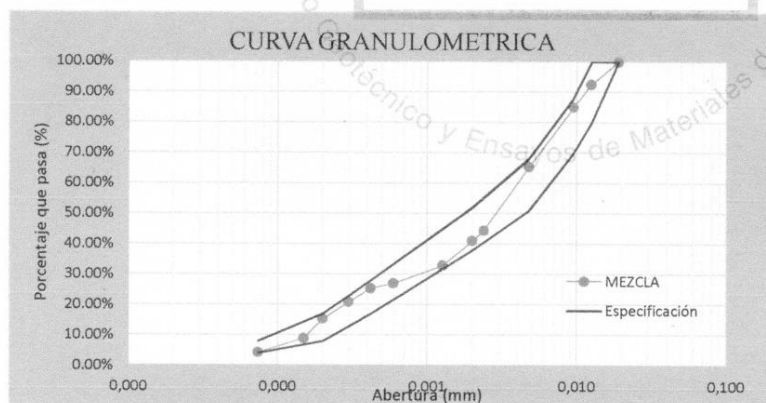
MAT (A): AGREGADO FINO

CANtera: LEKERSA

MAT (B): AGREGADO GRUESO

CANtera: LEKERSA

TAMIZ AASHTO T-27	ABERTURA (mm)	MATERIAL A	MATERIAL B	MEZCLA	ESPECIFICACION MAC - 2	
		65.00%	35.00%	100.00%	MAX	MIN
3/4"	19.000	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1/2"	12.500	100.00%	78.60%	92.51%	100.00%	80.00%
3/8"	9.500	100.00%	57.20%	85.02%	88.00%	70.00%
No 4	4.760	100.00%	1.10%	65.39%	68.00%	51.00%
No 8	2.381	68.20%	0.38%	44.46%		
No 10	2.000	62.55%	1.08%	41.04%	52.00%	38.00%
No 16	1.259	50.62%	0.00%	32.90%		
No 30	0.595	41.77%	0.00%	27.15%		
No 40	0.420	39.12%	0.00%	25.43%	28.00%	17.00%
No 50	0.296	32.07%	0.00%	20.85%		
No 80	0.200	23.02%	1.08%	15.34%	17.00%	8.00%
No 100	0.149	13.74%	0.00%	8.93%		
Nº 200	0.074	6.69%	0.00%	4.35%	8.00%	4.00%



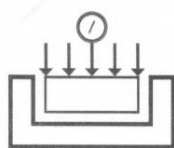
MATERIAL	%
GRAVA:	34.62%
ARENA:	61.04%
FINOS:	4.35%

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Crislian Huertas Martell
C.P. 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 📠 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION Nº 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Figura 16.- Ensayo Marshall 4.5 % de asfalto



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

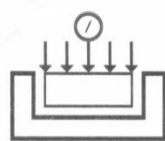
ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70)

N°	N° DE PROBETA	N°	P.1.1	P.1.2	P.1.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	4.5	4.5	4.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.4	33.4	33.4	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	62.1	62.1	62.1	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1201.60	1204.00	1201.20	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	706.82	708.24	706.59	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		494.78	495.76	494.61	
11	Dial de carga	Rd	260	245	241	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1132.415	1065.446	1047.579	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1045.2	983.4	966.9	998.5
15	Dial de deformación	Rd	75.0	75.00	70.0	
16	Lectura del Flexímetro	mm	1.91	1.91	1.78	1.86

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
CIP 142105

Figura 17.- Ensayo Marshall 5.0 % de asfalto



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70)

1	Nº DE PROBETA	Nº	P.2.1	P.2.2	P.2.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5	5	5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.3	33.3	33.3	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.8	61.8	61.8	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1200.50	1201.80	1200.90	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	707.42	706.94	707.60	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		493.08	494.86	493.30	
11	Dial de carga	Rd	260	267	265	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1132.415	1163.648	1154.725	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1045.2	1074.0	1065.8	1061.7
15	Dial de deformación	Rd	85.00	83.00	85.00	
16	Lectura del Fleximetro	mm	2.16	2.11	2.16	2.14

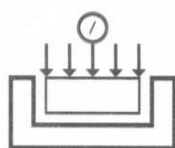
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.P. 148105

Urb. Monserrate V Etapa Mz. C2 Lte. 4 - Trujillo R.U.C. 20477653741 Oficina ☎ 285934 ☎ 949650866 - RPM *425642

RESOLUCION N° 017504-2012 / DSD - INDECOPI

Figura 18.- Ensayo Marshall 5.5 % de asfalto



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

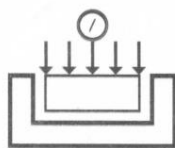
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70)

1	Nº DE PROBETA	Nº	P.3.1	P.3.2	P.3.3		PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5		
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33.1	33.1	33.1		
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.4	61.4	61.4		
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0		
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107		
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70		
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1196.28	1197.15	1200.00		
9	Peso de la Probeta en el agua	g	707.86	708.37	705.88		
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		488.42	488.78	494.12		
11	Dial de carga	Rd	320	315	318		
12	Estabilidad sin corregir	kg	1399.735	1377.492	1390.839		
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923		
14	Estabilidad corregida	kg	1292.0	1271.4	1283.7		1282.4
15	Dial de deformación	Rd	96.00	96.00	99.00		
16	Lectura del Fleximetro	mm	2.44	2.44	2.51		2.46

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Cristhian Huertas Martell
C. P. 148105

Figura 19.- Ensayo Marshall 6.0 % de asfalto



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

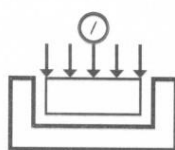
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70)

1	N° DE PROBETA	N°	P.4.1	P.4.2	P.4.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6	6	6	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	32.9	32.9	32.9	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.1	61.1	61.1	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1200.50	1201.50	1203.20	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	710.36	710.95	711.95	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		490.14	490.55	491.25	
11	Dial de carga	Rd	290	292	294	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1266.186	1275.096	1284.005	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1168.7	1176.9	1185.1	1176.9
15	Dial de deformación	Rd	113.00	117.00	118.00	
16	Lectura del Fleximetro	mm	2.87	2.97	3.00	2.95

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martell
 CIP 149105

Figura 20.- Ensayo Marshall 6.5 % de asfalto



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 02 DE JULIO DEL 2019

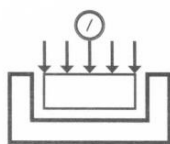
ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70)

1	Nº DE PROBETA	Nº	P.5.1	P.5.2	P.5.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.5	6.5	6.5	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	32.7	32.7	32.7	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	60.8	60.8	60.8	
5	% de Filler en peso de la mezcla	%	0	0	0	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1199.22	1198.70	1199.80	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	709.22	708.91	709.56	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		490.00	489.79	490.24	
11	Dial de carga	Rd	255	259	258	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1110.098	1127.952	1123.489	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1024.6	1041.1	1037.0	1034.2
15	Dial de deformación	Rd	137.00	140.00	139.00	
16	Lectura del Flexímetro	mm	3.48	3.56	3.53	3.52

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
C.P. 148105

Figura 21.- Ensayo Marshall 2.5 % de polmero EVA



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 10 DE JULIO DEL 2019

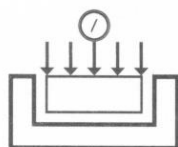
ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70) - CON POLIMERO

1	N° DE PROBETA	N°	P.1.1	P.1.2	P.1.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33	33	33	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.3	61.3	61.3	
5	% de Polimero	%	2.5	2.5	2.5	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1197.50	1196.00	1197.20	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	706.40	705.30	706.50	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		491.10	490.70	490.70	
11	Dial de carga	Rd	270	265	268	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1177.03	1154.725	1168.109	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1086.4	1065.8	1078.2	1076.8
15	Dial de deformación	Rd	75.0	75.00	70.0	
16	Lectura del Flexímetro	mm	1.91	1.91	1.78	1.86

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martell
CIP 148165

Figura 22.- Ensayo Marshall 3.5 % de polímero EVA



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 10 DE JULIO DEL 2019

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

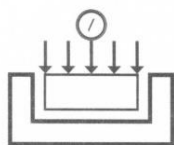
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70) - CON POLIMERO

1	N° DE PROBETA	N°	P.2.1	P.2.2	P.2.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33	33	33	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.3	61.3	61.3	
5	% de Polímero	%	3.5	3.5	3.5	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1198.00	1198.50	1197.90	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	707.30	705.80	706.50	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		490.70	492.70	491.40	
11	Dial de carga	Rd	310	315	319	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1355.243	1377.492	1395.287	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1250.9	1271.4	1287.8	1270.1
15	Dial de deformación	Rd	83.00	85.00	85.00	
16	Lectura del Flexímetro	mm	2.11	2.16	2.16	2.14

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martell
 CIP 148105

Figura 23 Ensayo Marshall 4.5 % de polímero EVA



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 10 DE JULIO DEL 2019

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

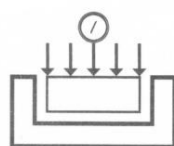
DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70) - CON POLIMERO

1	N° DE PROBETA	N°	P.3.1	P.3.2	P.3.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33	33	33	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.3	61.3	61.3	
5	% de Polímero	%	4.5	4.5	4.5	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1195.60	1196.20	1197.80	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	708.50	708.90	705.60	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		487.10	487.30	492.20	
11	Dial de carga	Rd	330	335	340	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1444.202	1466.427	1488.645	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1333.0	1353.5	1374.0	1353.5
15	Dial de deformación	Rd	100.00	110.00	110.00	
16	Lectura del Flexímetro	mm	2.54	2.79	2.79	2.71

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

 Ing. José Cristhian Huertas Martell
 C. P. 148105

Figura 24.- Ensayo Marshall 5.5 % de polímero EVA



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 10 DE JULIO DEL 2019

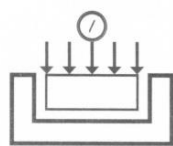
ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE (PEN 60/70) - CON POLIMERO

Nº	Nº DE PROBETA	Nº	P.4.1	P.4.2	P.4.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33	33	33	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.3	61.3	61.3	
5	% de Polímero	%	5.5	5.5	5.5	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1198.80	1198.40	1199.10	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	710.40	710.00	711.00	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		488.40	488.40	488.10	
11	Dial de carga	Rd	300	295	290	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1310.727	1288.459	1266.186	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1209.8	1189.2	1168.7	1189.2
15	Dial de deformación	Rd	300.00	295.00	290.00	
16	Lectura del Flexímetro	mm	7.62	7.49	7.37	7.49

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martel
CIP 148105

Figura 25 - Ensayo Marshall 6.5 % de polímero EVA



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: EFECTO DEL POLIMERO ETILENO VINIL ACETATO EN LA ESTABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO

UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITA: MYRTHA CARRANZA MANZANARES

FECHA: TRUJILLO, 10 DE JULIO DEL 2019

ENSAYO MARSHALL (MTC E-504)

DISEÑO: PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE (PEN 60/70) - CON POLIMERO

1	Nº DE PROBETA	Nº	P.5.1	P.5.2	P.5.3	PROM
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.7	5.7	5.7	
3	% de grava triturada en peso de la mezcla	%	33	33	33	
4	% de Arena Combinadas en peso de la mezcla	%	61.3	61.3	61.3	
5	% de Polímero	%	6.5	6.5	6.5	
6	Peso Especifico aparente del Cemento Asfáltico	g/cm³	1.0107	1.0107	1.0107	
7	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.70	6.70	6.70	
8	Peso de la Probeta en el aire	g	1198.00	1197.80	1197.90	
9	Peso de la Probeta en el agua	g	709.00	709.80	709.90	
10	Volumen de la briqueta por desplazamiento		489.00	488.00	488.00	
11	Dial de carga	Rd	265	268	268	
12	Estabilidad sin corregir	kg	1154.725	1168.109	1168.109	
13	Factor de Estabilidad		0.923	0.923	0.923	
14	Estabilidad corregida	kg	1065.8	1078.2	1078.2	1074.0
15	Dial de deformación	Rd	160.00	170.00	170.00	
16	Lectura del Flexímetro	mm	4.06	4.32	4.32	4.23

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.
Ing. José Cristhian Huertas Martel
C.P. 148105

Figura 26.- Especificaciones técnicas del Asfalto PEN 60/70

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		Fecha efectiva:		
ASFALTO SÓLIDO		Enero 2019		
TIPO DE PRODUCTO		Reemplaza edición de:		
CEMENTO ASFÁLTICO		Enero 2014		
NOMBRE DE PRODUCTO				
ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MÍN.	MAX.	ASTM	AASHTO
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49
VOLATILIDAD				
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-61
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179
Pérdida por calentamiento, % masa	0.8			
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-61
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Fractos RLB
FLUIDEZ				
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201
REQUERIMIENTO GENERAL:	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.			
OBSERVACIONES:				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.				

Figura 27.- Características del Polímero EVA

Bobema Polymers

BBM-EVA-601



High ambient temperatures and high traffic loads will lead to rutting and bleeding of asphalt pavements. This effect can be minimized by adding BBM-EVA-601 polymer to the asphalt binder.

BBM-EVA-601 is a pure EVA modification, compatible with most types of bitumen used in the road construction industry.

Adding BBM-EVA-601 will improve the mechanical properties of the asphalt pavement, such as increasing the resistance to rutting and increasing the durability of the pavement, and may lead to reduced pavement thickness.



Further BBM-EVA-601 will improve the resistance to jet fuels and improve the binder low temperature flexibility and cohesion.

BBM-EVA-601 can be pre-blended with bitumen or poured directly into the asphalt mixer.

Standard mix design is needed to determine the optimum BBM-EVA-601 content for different end-use properties.



Bobema Nederland B.V.

special products for civil engineering
and construction industry

P.O. Box 552
1620 AN Hoorn
The Netherlands
Tel.: +31 229 211011
Fax: +31 229 212614
Email: info@bobema.com
Internet: www.bobema.com

8.3 Panel fotográfico



Foto 1.- Agregado fino



Foto 2.- Agregado grueso



Foto 3.- agregado fino para probetas Marshall



Foto 4.- agregado grueso para probetas Marshall



Foto 5.- Mezcla asfáltica preparada



Foto 6.- Molde con mezcla asfáltica



Foto 7.- Probeta compactada



Foto 8.- Desmolde de probeta



Foto 9.- probeta desmoldada



Foto 10.- Peso al aire de probeta



Foto 11.- Peso en agua



Foto 12.- Peso superficie saturada



Foto 13.- Polímero EVA



Foto 14.- Polímero en asfalto



Foto 15.- Polímero disuelto en asfalto



Foto 16.- Mezcla asfáltica con EVA



Foto 17.- Moldeo de probeta con EVA



Foto 18.- Probeta compactada con EVA



Foto 19.- Probeta desmoldada con EVA



Foto 20.- Probeta en baño maría



Foto 21.- Equipo Marshall



Foto 22.- Probeta sometida al ensayo Marshall

Cálculos para diseño de concreto asfáltico

Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall (MTC E 504)

Concreto asfáltico convencional

- **Mezcla de agregados:**

Se determinó una combinación pertinente de agregados que cumpla con las especificaciones técnicas según el uso granulométrico MAC 2. Para hallar esta mezcla se utilizó el método del cuadrado ver figura N° donde se aprecia que el porcentaje de gruesos es de 35 y el porcentaje de fino de 65.

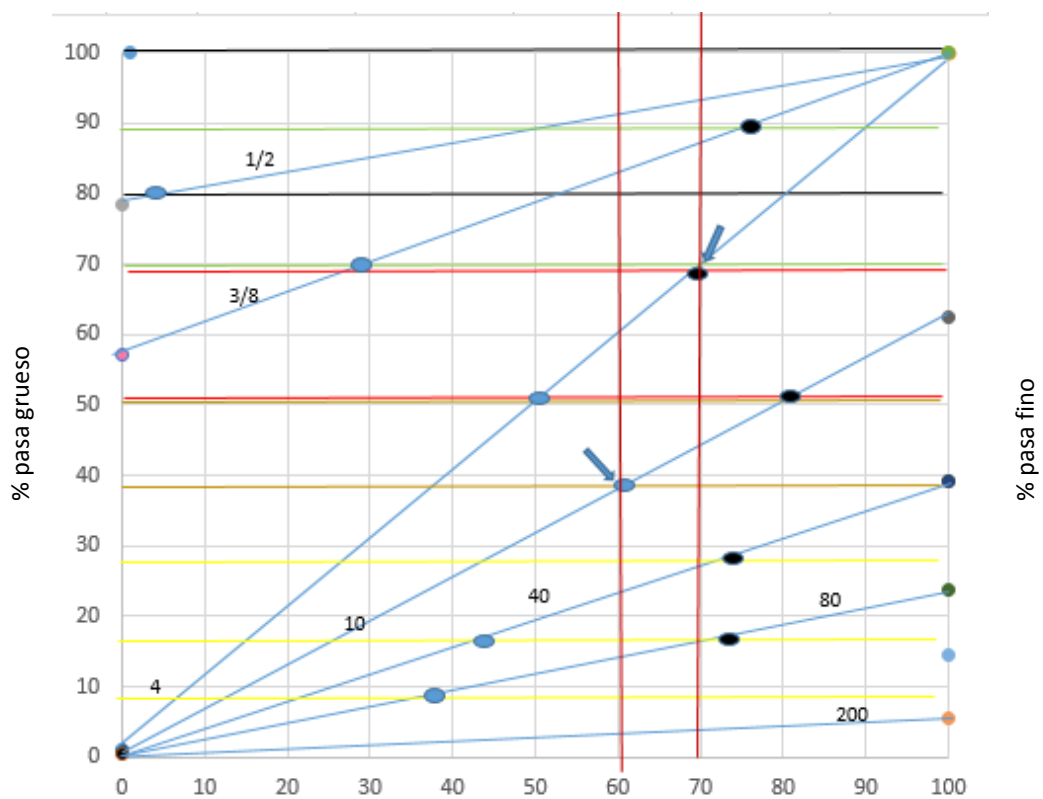


Grafico 8.-Mezcla de agregados usando el método del cuadrado

Utilizar de suelo fino = $(60+70)/2$

% agregado fino = 65

% agregado grueso = 35

- **Cálculo del porcentaje de asfalto teórico por el método del Instituto del asfalto.**

$$P = 0.035a + 0.045b + kc + K$$

Dónde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico respecto al peso de la mezcla

a = Porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 10

b = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 10 y se retiene en el tamiz N° 200

c = Porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N° 200

K = Varía de 0 a 2, dependiendo del grado de absorción de los pétreos.

Alta absorción: K = 2

k = Toma los siguientes valores:

0.18 Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N°200 varía del 06% al 10%

0.15 Cuando el porcentaje de agregado que pasa sobre el tamiz N°200 es menos del 05%

De los datos de granulometría obtenemos:

Tabla 18.-Parámetros utilizados en el Cálculo del porcentaje de asfalto teórico por el método del Instituto del asfalto.

a	59
b	37
c	4
k	0.18
K	0.9
P	5.5

“Para propósitos de diseño de mezcla los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de contenido de ligante, donde el contenido de ligante varía en incrementos de 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. (Manual de Ensayo MTC, 2016, p 583)

Según el cálculo el porcentaje de asfalto teórico es de 5.5 %. Y de acuerdo a la norma tomamos dos niveles menores y dos mayores.

- **Cálculo de los pesos de cada material del concreto asfáltico convencional**

Tabla 19.- Porcentaje en peso de asfalto y agregado

Porcentaje de asfalto y agregados					
Asfalto %	4.5	5	5.5	6	6.5
Agregado %	95.5	95	94.5	94	93.5
Total	100	100	100	100	100

Tabla 20.- Porcentaje en peso de cada material

Porcentaje en peso de cada material					
Asfalto %	4.5	5	5.5	6	6.5
Agregado grueso %	33	33	33	33	33
Agregado fino %	62	62	61	61	61
Total	100	100	100	100	100

Tabla 21.- Peso de material del concreto asfáltico convencional

Peso de material del concreto asfáltico convencional					
Asfalto(g)	54	60	66	72	78
Agregado grueso (g)	401	399	397	395	393
Agregado fino (g)	745	741	737	733	729
Total	1200	1200	1200	1200	1200

Concreto asfáltico Modificado

- **Cálculo de los pesos de cada material del concreto asfáltico modificado**

Los niveles de polímero EVA para esta investigación fueron determinados en base a investigaciones realizadas, siendo este un porcentaje respecto al peso del asfalto óptimo para concreto asfáltico convencional, quedando establecido de la siguiente manera: Porcentaje de polímero EVA para investigación: 2.5%, 3.5% y 4.5%, 5.5%, 6.5%.

Tabla 22.- Porcentaje de asfalto y agregados para investigación

Porcentaje de asfalto y agregados	
Asfalto convencional óptimo%	5.70
Agregado %	94.3
Total	100

Tabla 23.-Peso de asfalto óptimo

Peso de asfalto óptimo	
Asfalto óptimo %	5.7
Peso de asfalto óptimo (g)	68.4

Tabla 24.- Peso de asfalto y agregados

Peso de asfalto y agregados					
Peso de EVA (g)	1.7	2.4	3.0	3.7	4.4
Peso de asfalto convencional (g)	66.7	66	65.3	64.6	64
Peso asfalto modificado	68.4	68.4	68.4	68.4	68.4
Peso de agregado grueso (g)	396.1	396.1	396.1	396.1	396.1
Peso de agregado fino (g)	735.5	735.5	735.5	735.5	735.5
Total (g)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0